

IC CHIP MOUNTING SUBSTRATE AND METHOD FOR MANUFACTURING IC CHIP MOUNTING SUBSTRATE

JP2002250830

Patent Number: JP2002250830

Publication date: 2002-09-06

Inventor(s): ASAI MOTOO

Applicant(s): IBIDEN CO LTD

Requested Patent: ☒ JP2002250830

Application Number: JP20010298092 20010927

Priority Number(s):

IPC Classification: G02B6/122; H01L25/16; H05K3/46

EC Classification:

Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an IC chip mounting substrate in which a distance between an IC chip and an optical part is short and which is excellent in reliability in electric signal transmission and transmits an optical signal via an optical signal transmitting optical path, in an optical communication part in which the IC chip is integrated with the optical part.

SOLUTION: In the IC chip mounting substrate wherein a conductor circuit and an interlayer resin insulating layer are formed by laminating on both surfaces of the substrate, a solder resist layer is formed in the outermost layer and also an optical device is mounted, an optical waveguide is formed in the inside of the IC chip mounting substrate and also the optical signal transmitting optical path which connects the optical device to the optical waveguide is formed in the same.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

BLANK PAGE

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-250830

(P2002-250830A)

(43) 公開日 平成14年9月6日(2002.9.6)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-ト*(参考)

G 0 2 B 6/122

H 0 1 L 25/16

A 2 H 0 4 7

H 0 1 L 25/16

H 0 5 K 3/46

N 5 E 3 4 6

H 0 5 K 3/46

G 0 2 B 6/12

Q

B

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2001-298092(P2001-298092)

(71) 出願人 000000158

イビデン株式会社

(22) 出願日 平成13年9月27日(2001.9.27)

岐阜県大垣市神田町2丁目1番地

(31) 優先権主張番号 特願2000-391550(P2000-391550)

(72) 発明者 浅井 元雄

(32) 優先日 平成12年12月22日(2000.12.22)

岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデ
ン株式会社大垣北工場内

(33) 優先権主張国 日本(J P)

(74) 代理人 100086586

弁理士 安富 康男

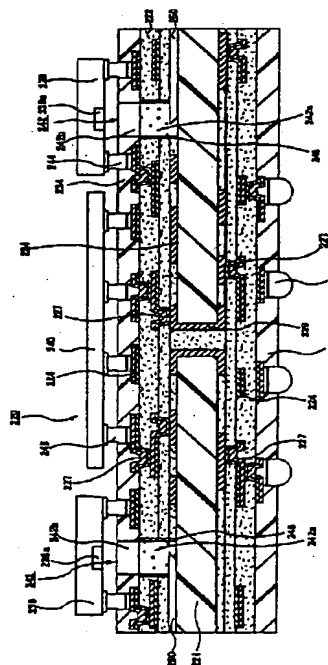
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ICチップ実装用基板、および、ICチップ実装用基板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ICチップと光学部品とが一体化された光通信部品であって、ICチップと光学部品との距離が短く電気信号伝送の信頼性に優れ、光信号伝送用光路を介して光信号を伝送することができるICチップ実装用基板を提供すること。

【解決手段】 基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とが積層形成され、最外層にソルダーレジスト層が形成されるとともに、光学素子が実装されたICチップ実装用基板であって、上記ICチップ実装用基板の内部に光導波路が形成されるとともに、上記光学素子と上記光導波路とを接続する光信号伝送用光路が形成されたことを特徴とするICチップ実装用基板。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とが積層形成され、最外層にソルダーレジスト層が形成されるとともに、光学素子が実装された IC チップ実装用基板であって、前記 IC チップ実装用基板の内部に光導波路が形成されるとともに、前記光学素子と前記光導波路とを接続する光信号伝送用光路が形成されたことを特徴とする IC チップ実装用基板。

【請求項 2】 前記光導波路は、有機系光導波路である請求項 1 に記載の IC チップ実装用基板。

【請求項 3】 前記光信号伝送用光路は、空隙により構成されている請求項 1 または 2 に記載の IC チップ実装用基板。

【請求項 4】 前記光信号伝送用光路は、樹脂組成物および空隙により構成されている請求項 1 または 2 に記載の IC チップ実装用基板。

【請求項 5】 前記光信号伝送用光路は、樹脂組成物により構成されている請求項 1 または 2 に記載の IC チップ実装用基板。

【請求項 6】 前記光信号伝送用光路は、空隙とその周囲の導体層とにより構成されている請求項 1 または 2 に記載の IC チップ実装用基板。

【請求項 7】 前記光信号伝送用光路は、樹脂組成物および空隙とその周囲の導体層とにより構成されている請求項 1 または 2 に記載の IC チップ実装用基板。

【請求項 8】 前記光信号伝送用光路は、樹脂組成物とその周囲の導体層とにより構成されている請求項 1 または 2 に記載の IC チップ実装用基板。

【請求項 9】 前記光学素子の実装位置は、IC チップ実装用基板の表面である請求項 1～8 のいずれか 1 に記載の IC チップ実装用基板。

【請求項 10】 前記光学素子は、受光素子および／または発光素子である請求項 9 に記載の IC チップ実装用基板。

【請求項 11】 前記 IC チップ実装用基板の表面には、電子部品が実装されている請求項 1～10 のいずれか 1 に記載の IC チップ実装用基板。

【請求項 12】 前記光信号伝送用光路の端部、または、前記光信号伝送用光路中には、マイクロレンズが形成されている請求項 1～11 のいずれか 1 に記載の IC チップ実装用基板。

【請求項 13】 前記光信号伝送用光路の断面の径は、100～500 μm である請求項 1～12 のいずれか 1 に記載の IC チップ実装用基板。

【請求項 14】 前記基板を挟んだ導体回路間がスルーホールを介して接続され、前記層間樹脂絶縁層を挟んだ導体回路間がバイアホールを介して接続されている請求項 1～13 のいずれか 1 に記載の IC チップ実装用基板。

【請求項 15】 基板と、光導波路と、少なくとも下記

(a)～(c)の工程を経て製造する積層体とをこの順序で積層することを特徴とする IC チップ実装用基板の製造方法。

(a) 基材層上に導体回路と層間樹脂絶縁層とを順次積層し、導体回路積層体とする導体回路積層体形成工程、

(b) 前記導体回路積層体に、光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程、および、(c) 前記

(b) の工程で形成した開口と連通した開口を有するソルダーレジスト層を前記導体回路積層体の片面に形成するソルダーレジスト層形成工程。

【請求項 16】 (a) 導体回路が形成された基板上に光導波路を形成する光導波路形成工程と、(b) 前記光導波路が形成された基板上に層間樹脂絶縁層と導体回路とを順次積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、(c) 前記多層配線板に、光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程と、(d) 前記(c)工程で形成した開口と連通した開口を有するソルダーレジスト層を前記多層配線板の片面に形成するソルダーレジスト層形成工程とを含むことを特徴とする IC チップ実装用基板の製造方法。

【請求項 17】 前記光信号伝送用光路となる開口の壁面を粗化面にする粗化面形成工程を含む請求項 15 または 16 に記載の IC チップ実装用基板の製造方法。

【請求項 18】 前記光信号伝送用光路となる開口の壁面に導体層を形成する導体層形成工程を含む請求項 15～17 のいずれか 1 に記載の IC チップ実装用基板の製造方法。

【請求項 19】 前記光信号伝送用光路となる開口内に未硬化の樹脂組成物を充填する樹脂組成物充填工程を含む請求項 15～18 のいずれか 1 に記載の IC チップ実装用基板の製造方法。

【請求項 20】 前記光信号伝送用光路となる開口の端部にマイクロレンズを形成するマイクロレンズ形成工程を含む請求項 15～19 のいずれか 1 に記載の IC チップ実装用基板の製造方法。

【請求項 21】 前記光信号伝送用光路となる開口中にマイクロレンズを形成するマイクロレンズ形成工程を含む請求項 15～19 のいずれか 1 に記載の IC チップ実装用基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、IC チップ実装用基板に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、通信分野を中心として光ファイバに注目が集まっている。特に IT (情報技術) 分野においては、高速インターネット網の整備に、光ファイバを用いた通信技術が必要となる。光ファイバは、①低損失、②高帯域、③細径・軽量、④無誘導、⑤省資源等の特徴を有しており、この特徴を有する光ファイバを用い

た通信システムでは、従来のメタリックケーブルを用いた通信システムに比べ、中継器数を大幅に削減することができ、建設、保守が容易になり、通信システムの経済化、高信頼性化を図ることができる。

【0003】また、光ファイバは、一つの波長の光だけでなく、多くの異なる波長の光を1本の光ファイバで同時に多重伝送することができるため、多様な用途に対応可能な大容量の伝送路を実現することができ、映像サービス等にも対応することができる。

【0004】そこで、このようなインターネット等のネットワーク通信においては、光ファイバを用いた光通信を、基幹網の通信のみならず、基幹網と端末機器（パソコン、モバイル、ゲーム等）との通信や、端末機器同士の通信にも用いることが提案されている。

【0005】このように基幹網と端末機器との通信等に光通信を用いる場合、端末機器において情報（信号）処理を行うICが、電気信号で動作するため、端末機器には、光→電気変換器や電気→光変換器等の光信号と電気信号とを変換する装置（以下、光/電気変換器ともいう）を取り付ける必要がある。そこで、従来の端末機器では、例えば、ICチップを実装したパッケージ基板、光信号を処理する受光素子や発光素子等の光学素子等を別々に実装し、これらに電気配線や光導波路を接続し、信号伝送および信号処理を行っていた。また、ICチップを実装したパッケージ基板の内部に受光素子等の光学素子を内蔵させ、この光学素子を内蔵したパッケージ基板（以下、光学素子内蔵パッケージ基板ともいう）を用いて端末機器の光通信を行うことも提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このような従来の端末機器において、ICチップを実装したパッケージ基板、光信号を処理する受光素子や発光素子等の光学素子等を別々に実装した場合には、装置自体が大きくなり、端末機器の小型化をはかることが難しかった。また、光学素子が内蔵され、ICチップが実装されたICチップ実装用基板を用いる場合は、装置自体が大きくなるという問題は解消されるものの、以下のような不都合があった。

【0007】即ち、光学素子内蔵パッケージ基板では、光学素子が基板内に完全に内蔵されているため、外部の光学素子（光ファイバや光導波路等）と接続する際に、位置合わせの微調整を行うことが難しく、また、パッケージ基板を製造する際に予め光学素子を内蔵しておくため、光学素子の位置ずれが発生しやすかった。これは、パッケージ基板の製造工程において、熱処理等を施す必要があり、光学素子を樹脂層に内蔵する場合には、この熱処理時に光学素子の位置ずれが発生するものと考えられる。このように、内蔵した光学素子に位置ずれが発生した場合、外部の光学素子と接続した際の接続損失が大きく、光通信における接続信頼性の低下につながっていた。また、この光学素子内蔵パッケージ基板では、内蔵

した光学素子のいずれかに不都合が発生した場合、その光学素子のみを取り替えることができず、その光学素子内蔵パッケージ基板自体が不良品となるため、経済的に不利であった。

【0008】本発明は、上述した課題に鑑みなされたものであり、端末機器の小型化を図ることができ、光学素子の取り替えを簡単に行うことができるとともに、接続信頼性に優れた光通信を達成することができるICチップ実装用基板を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明のICチップ実装用基板は、基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とが積層形成され、最外層にソルダーレジスト層が形成されるとともに、光学素子が実装されたICチップ実装用基板であって、上記ICチップ実装用基板の内部に光導波路が形成されるとともに、上記光学素子と上記光導波路とを接続する光信号伝送用光路が形成されたことを特徴とする。

【0010】本発明のICチップ実装用基板において、上記光導波路は、有機系光導波路であることが望ましい。

【0011】また、本発明のICチップ実装用基板において、上記光信号伝送用光路は、空隙により構成されているか、樹脂組成物および空隙により構成されているか、または、樹脂組成物により構成されていることが望ましい。

【0012】また、本発明のICチップ実装用基板において、上記光信号伝送用光路は、空隙とその周囲の導体層とにより構成されているか、樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とにより構成されているか、または、樹脂組成物とその周囲の導体層とにより構成されていることも望ましい。

【0013】また、上記ICチップ実装用基板において、上記光学素子の実装位置は、ICチップ実装用基板の表面であることが望ましく、上記光学素子は、受光素子および/または発光素子であることが望ましい。また、上記ICチップ実装用基板の表面には、電子部品が実装されていることが望ましい。

【0014】また、上記ICチップ実装用基板において、上記光信号伝送用光路の端部、または、上記光信号伝送用光路中には、マイクロレンズが形成されていることが望ましく、上記光信号伝送用光路の直径は、100～500μmであることが望ましい。

【0015】また、上記ICチップ実装用基板において、上記基板を挟んだ導体回路間がスルーホールを介して接続され、上記層間樹脂絶縁層を挟んだ導体回路間がバイアホールを介して接続されていることが望ましい。

【0016】第一の本発明のICチップ実装用基板の製造方法は、基板と、光導波路と、少なくとも下記(a)～(c)の工程を経て製造する積層体とをこの順序で積

層することを特徴とする。

(a) 基材層上に導体回路と層間樹脂絶縁層とを順次積層し、導体回路積層体とする導体回路積層体形成工程、

(b) 上記導体回路積層体に、光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程、および、(c) 上記

(b) の工程で形成した開口と連通した開口を有するソルダーレジスト層を上記導体回路積層体の片面に形成するソルダーレジスト層形成工程。

【0017】第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法は、(a) 導体回路が形成された基板上に光導波路を形成する光導波路形成工程と、(b) 上記光導波路が形成された基板上に層間樹脂絶縁層と導体回路とを順次積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、(c) 上記多層配線板に、光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程と、(d) 上記(c) の工程で形成した開口と連通した開口を有するソルダーレジスト層を上記多層配線板の片面に形成するソルダーレジスト層形成工程とを含むことを特徴とする。

【0018】第一または第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法は、上記光信号伝送用光路となる開口の壁面を粗化面にする粗化面形成工程を含むことが望ましい。また、第一または第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法は、上記光信号伝送用光路となる開口の壁面に導体層を形成する導体層形成工程を含むことが望ましい。

【0019】また、第一または第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法は、上記光信号伝送用光路となる開口内に未硬化の樹脂組成物を充填する樹脂組成物充填工程を含むことが望ましい。また、第一または第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法は、上記光信号伝送用光路となる開口の端部にマイクロレンズを形成するマイクロレンズ形成工程を含むことが望ましい。また、第一または第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法は、上記光信号伝送用光路となる開口中にマイクロレンズを形成するマイクロレンズ形成工程を含むことが望ましい。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の IC チップ実装用基板について説明する。本発明の IC チップ実装用基板は、基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とが積層形成され、最外層にソルダーレジスト層が形成されるとともに、光学素子が実装された IC チップ実装用基板であって、上記 IC チップ実装用基板の内部に光導波路が形成されるとともに、上記光学素子と上記光導波路とを接続する光信号伝送用光路が形成されたことを特徴とする。

【0021】本発明の IC チップ実装用基板は、内部に光導波路が形成されるとともに、光学素子と上記光導波路とを接続する光信号伝送用光路が配設されているため、上記光導波路および上記光信号伝送用光路を介し

て、上記光学素子の入出力信号を伝送することができる。

また、該基板に IC チップを実装した場合、IC チップと光学素子との距離が短く、電気信号伝送の信頼性に優れる。また、IC チップを実装した本発明の IC チップ実装用基板では、光通信に必要な電子部品や光学素子を一体化することができ、基板の側面で外部素子と接続することができるため、該 IC チップ実装用基板をより薄型化、小型化することができる。

【0022】また、光学素子が表面実装されている場合は、上記 IC チップ実装用基板の導体回路と層間樹脂絶縁層を形成した後、光学素子を実装するため、該導体回路と層間樹脂絶縁層等を形成する際の熱処理時には、光学素子は未実装であり、熱処理時に起こりうる位置ずれは発生することがない。また、光学素子が表面実装されている場合には、一の光学素子に不都合が発生した場合、その光学素子のみを取り替えればよく、経済的に有利である。

【0023】さらに、本発明の IC チップ実装用基板では、該 IC チップ実装用基板の内部に光導波路が形成されているため、上記光導波路の壁面への異物の付着が防止され、光の乱反射が低減されることから、光信号の伝送性を向上させることができる。

【0024】本発明では、IC チップ実装用基板の内部に光導波路が形成されている。この光導波路としては、例えば、ポリマー材料等からなる有機系光導波路、石英ガラス、化合物半導体等からなる無機系光導波路等が挙げられる。これらのなかでは、有機系光導波路が望ましい。基板と層間樹脂絶縁層との密着性に優れるとともに、容易に形成、加工することができるからである。

【0025】上記ポリマー材料としては、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との樹脂複合体、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体等が挙げられる。具体的には、例えば、PMMA (ポリメチルメタクリレート)、重水素化 PMMA、重水素フッ素化 PMMA 等のアクリル樹脂、フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、UV 硬化性エポキシ樹脂、ポリオレフィン系樹脂、重水素化シリコーン樹脂等のシリコーン樹脂、ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等が挙げられる。

【0026】上記光導波路には、上記樹脂成分以外に、例えば、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。これらの粒子を含ませることにより上記光導波路と、基板、層間樹脂絶縁層、ソルダーレジスト層等との間で熱膨張係数の整合を図ることができるからである。

【0027】上記樹脂粒子としては、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂と

の樹脂複合体、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体等からなるものが挙げられる。

【0028】具体的には、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリフェニレン樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂等の熱硬化性樹脂；これらの熱硬化性樹脂の熱硬化基（例えば、エポキシ樹脂におけるエポキシ基）にメタクリル酸やアクリル酸等を反応させ、アクリル基を付与した樹脂；フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリスルホン（PSF）、ポリフェニレンスルホン（PPS）、ポリフェニレンサルファイド（PPE）、ポリフェニルエーテル（PPE）、ポリエーテルイミド（PI）等の熱可塑性樹脂；アクリル樹脂等の感光性樹脂等からなるものが挙げられる。また、上記熱硬化性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体や、上記アクリル基を付与した樹脂や上記感光性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体からなるものも用いることもできる。また、上記樹脂粒子としては、ゴムからなる樹脂粒子を用いることもできる。

【0029】また、上記無機粒子としては、例えば、アルミナ、水酸化アルミニウム等のアルミニウム化合物、炭酸カルシウム、水酸化カルシウム等のカルシウム化合物、炭酸カリウム等のカリウム化合物、マグネシア、ドロマイト、塩基性炭酸マグネシウム等のマグネシウム化合物、シリカ、ゼオライト等のケイ素化合物、チタニア等のチタン化合物等からなるものが挙げられる。また、上記無機粒子として、リンやリン化合物からなるものを用いることもできる。

【0030】上記金属粒子としては、例えば、金、銀、銅、パラジウム、ニッケル、プラチナ、鉄、亜鉛、鉛、アルミニウム、マグネシウム、カルシウム等からなるものが挙げられる。これらの樹脂粒子、無機粒子および金属粒子の粒子は、それぞれ単独で用いても良いし、2種以上併用してもよい。

【0031】また、上記樹脂粒子等の粒子の形状は特に限定されず、例えば、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられるが、上記粒子の粒径は、通信波長より短いことが望ましい。粒径が通信波長より長いと光信号の伝送を阻害することがあるからである。

【0032】また、上記粒子の平均粒径としては、0.1～20 μm が望ましく、特に0.5～10 μm が望ましい。この粒径の範囲であれば、2種類以上の異なる粒径の粒子を含有してもよい。即ち、平均粒径が0.5～4 μm の粒子と平均粒径が1～10 μm の粒子とを含有する場合等である。なお、本明細書において、粒径とは、粒子の一番長い部分の長さをいう。

【0033】上記光導波路が含有する粒子の配合量は、10～80重量%であることが望ましく、20～70重量%であることがより望ましい。粒子の配合量が10重量%未満であると、粒子を配合させる効果が得られない

ことがあり、粒子の配合量が80重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。

【0034】また、上記光導波路の形状は特に限定されないが、その形成が容易であることから、シート状が望ましい。

【0035】また、上記光導波路の厚さは5～100 μm が望ましく、導体回路と同じ厚さであることがより望ましい。上記光導波路を形成した場合に、該光導波路の表面と上記導体回路の表面とが同一平面となるからである。上記光導波路の幅は5～100 μm が望ましい。上記幅が5 μm 未満では、その形成が容易でないことがあり、一方、上記幅が100 μm を超えると、ICチップ実装用基板を構成する導体回路等の設計の自由度を阻害する原因となることがあるからである。また、上記ICチップ実装用基板において、光学素子として受光素子と発光素子とが実装されている場合、受光素子に対向する位置に形成された光導波路と、発光素子に対向する位置に形成された光導波路とは同一の材料からなるものであることが望ましい。熱膨張係数の整合が図りやすく、容易に形成、加工することができるからである。

【0036】また、上記光導波路には、光路変換ミラーが形成されていることが望ましい。光路変換ミラーを形成することにより、光路を所望の角度に変更することが可能だからである。上記光路変換ミラーの形成は、後述するように、例えば、光導波路の一端に機械加工を施すことにより行うことができる。

【0037】上記光導波路の形成位置は特に限定されるものではなく、複数の層間樹脂絶縁層の間に形成されていてもよく、層間樹脂絶縁層とソルダーレジスト層との間に形成されていてもよく、基板と層間樹脂絶縁層との間に形成されていてもよい。

【0038】本発明のICチップ実装用基板では、光学素子と光導波路とを接続する光信号伝送用光路が配設されている。このような光信号伝送用光路が配設されたICチップ実装用基板では、上記ICチップ実装用基板の両面に実装した光学素子同士の情報の授受を、この光信号伝送用光路を介して光信号により行うことができる。

【0039】従って、この光信号伝送用光路は、ICチップ実装用基板の内部に形成された光導波路と光学素子との間で光信号を伝送することができるよう構成されている必要がある。例えば、光学素子がICチップ実装用基板の表面に配設され、光導波路が基板と層間樹脂絶縁層との間、または、複数の層間樹脂絶縁層の間に形成されている場合には、光学素子の受光部または発光部との間に、光信号の授受を行うことができるよう、層間樹脂絶縁層およびソルダーレジスト層の一部に光信号伝送用光路が形成されている必要がある。

【0040】上記光信号伝送用光路は、空隙により構成されていてもよく、光信号を通過させることができる樹脂組成物および空隙により構成されていてもよく、光信

号を通過させることができる樹脂組成物により構成されていてもよい。上記光信号伝送用光路が空隙により構成されている場合にはその形成が容易であり、樹脂組成物および空隙により構成されているか、または、樹脂組成物により構成されている場合は、ICチップ実装用基板の強度の低下を防ぐことができる。

〔0041〕なお、上記光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により形成されている場合は、層間樹脂絶縁層に形成された光信号伝送用光路が樹脂組成物により構成され、ソルダーレジスト層に形成された光信号伝送用

光路が空隙により構成されていることが望ましい。通常、層間樹脂絶縁層は樹脂との密着性が高く、ソルダーレジスト層は樹脂との密着性が低いからである。

〔0042〕上記光信号伝送用光路の一部または全部が樹脂組成物で構成されている場合、その樹脂成分としては、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂等が挙げられる。具体的には、例えば、エポキシ樹脂、UV硬化性エポキシ樹脂、ポリオレフィン系樹脂、PMMA

(ポリメチルメタクリレート)、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂、フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂、重水素化シリコーン樹脂等のシリコーン樹脂、ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等が挙げられる。

〔0043〕また、上記樹脂組成物には、上記樹脂成分以外に、例えば、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。これらの粒子を含ませることにより光信号伝送用光路と、基板、層間樹脂絶縁層、ソルダーレジスト層等との間で熱膨張係数の整合を図ることができ、また、粒子の種類によっては難燃性を付与することもできる。

〔0044〕上記樹脂粒子としては、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との樹脂複合体、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体等からなるものが挙げられる。具体的には、例えば、上記光導波路に用いられる樹脂粒子と同様のもの等が挙げられる。また、上記樹脂粒子としては、ゴムからなる樹脂粒子を用いることもできる。

〔0045〕また、上記無機粒子および上記金属粒子としては、例えば、上記光導波路に用いられる無機粒子および金属粒子と同様のもの等が挙げられる。これらの樹脂粒子、無機粒子および金属粒子の粒子は、それぞれ単独で用いても良いし、2種以上併用してもよい。

〔0046〕また、上記樹脂粒子等の粒子の形状は特に限定されず、例えば、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。また、上記粒子の粒径は、通信波長より短いことが望ましい。粒径が通信波長より長いと光信号の伝送を阻害することがあるからである。

〔0047〕また、上記粒子等の平均粒径としては、0.1~20 μm が望ましく、特に0.5~10 μm が望ましい。この粒径の範囲であれば、2種類以上の異なる粒径の粒子を含有してもよい。即ち、平均粒径が0.5~4 μm の粒子と平均粒径が1~10 μm の粒子とを含有する場合等である。

〔0048〕上記光信号伝送用光路が含有する粒子の配合量は、10~80重量%であることが望ましく、20~70重量%であることがより望ましい。粒子の配合量が10重量%未満であると、粒子を配合させる効果が得られないことがあり、粒子の配合量が80重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。

〔0049〕また、上記光信号伝送用光路の形状は特に限定されず、例えば、円柱状、楕円柱状、四角柱状、多角柱状等が挙げられる。これらのなかでは、円柱状が望ましい。容易に形成することができるからである。

〔0050〕また、上記光信号伝送用光路の断面の径は、100~500 μm であることが望ましい。上記径が100 μm 未満では、光路が塞がれてしまうおそれがあるとともに、該光信号伝送用光路が樹脂組成物から構成されている場合、未硬化の樹脂組成物を充填することが困難である。一方、上記径を500 μm より大きくしても光信号の伝送性はあまり向上せず、この場合、ICチップ実装用基板を構成する導体回路等の設計の自由度を阻害する原因となることがあるからである。より望ましい径は、250~350 μm である。光信号の伝送性と設計の自由度とがともに優れるとともに、未硬化の樹脂組成物を充填する際にも不都合が発生しないからである。なお、上記光信号伝送用光路の断面の径とは、上記光信号伝送用光路が円柱状の場合にはその断面の直径、楕円柱状の場合にはその断面の長径、四角柱状或多角柱状の場合にはその断面の最も長い部分の長さをいう。

〔0051〕また、上記光信号伝送用光路は、空隙および/または樹脂組成物とその周囲の導体層とから構成されていてもよい。上記導体層を形成することにより、光信号伝送用光路の壁面での光の乱反射を低減し、光信号の伝送性を向上させることができる。上記導体層は、1層から構成されていてもよく、2層以上から構成されていてもよい。上記導体層の材料としては、例えば、銅、ニッケル、クロム、チタン、貴金属等が挙げられる。また、上記導体層は、場合によっては、パイアホールとしての役目、即ち、層間樹脂絶縁層を挟んだ導体回路間を電気的に接続する役目を果たすことができる。また、導体層の表面自体をエッチング処理等により粗化面としてもよい。

〔0052〕また、上記導体層の上に、さらに、スズ、チタン、亜鉛等からなる被覆層や粗化層を設けてもよい。上記被覆層や粗化層を設けることにより、光の乱反射をより低減し、光信号の伝送性を向上させたり、光信

号伝送用光路と、基板や層間樹脂絶縁層との密着性を向上させることができる。

【0053】また、上記樹脂組成物により構成される光信号伝送用光路や上記導体層は、基板や層間樹脂絶縁層と粗化面を介して接している場合には、基板や層間樹脂絶縁層との密着性に優れ、光信号伝送用光路等の剥離がより発生しにくいからである。

【0054】また、本発明のICチップ実装用基板には、受光素子や発光素子等の光学素子が実装されている。上記受光素子としては、例えば、PD（フォトダイオード）、APD（アバランシェフォトダイオード）等が挙げられる。これらは、上記ICチップ実装用基板の構成や、要求特性等を考慮して適宜使い分ければよい。上記受光素子の材料としては、Si、Ge、InGaAs等が挙げられる。これらのなかでは、受光感度に優れる点からInGaAsが望ましい。

【0055】上記発光素子としては、例えば、LD（半導体レーザ）、DFB-LD（分布帰還型半導体レーザ）、LED（発光ダイオード）等が挙げられる。これらは、上記ICチップ実装用基板の構成や要求特性等を考慮して適宜使い分ければよい。

【0056】上記発光素子の材料としては、ガリウム、砒素およびリンの化合物（GaAsP）、ガリウム、アルミニウムおよび砒素の化合物（GaAlAs）、ガリウムおよび砒素の化合物（GaAs）、インジウム、ガリウムおよび砒素の化合物（InGaAs）、インジウム、ガリウム、砒素およびリンの化合物（InGaAsP）等が挙げられる。これらは、通信波長を考慮して使い分ければよく、例えば、通信波長が0.85μm帯の場合にはGaAlAsを使用することができ、通信波長が1.3μm帯や1.55μm帯の場合には、InGaAsやInGaAsPを使用することができる。

【0057】上記光学素子の実装位置は、上記ICチップ実装用基板の表面であることが望ましい。上述したように、光学素子がICチップ実装用基板の表面に実装されている場合は、一の光学素子に不都合が発生した際に、その光学素子のみを取り替えればよいからである。また、上記ICチップ実装用基板の表面には、コンデンサ等の電子部品も実装されていることが望ましい。上記光学素子の場合と同様、不都合の発生した部品のみを取り替えることができるからである。

【0058】上記光信号伝送用光路の端部、または、上記光信号伝送用光路中には、マイクロレンズが形成されていることが望ましい。光信号の伝送損失をより抑えることができるからである。

【0059】ここで、上記光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズが形成されているとは、ソルダーレジスト層上に形成された接着層を介して、上記マイクロレンズが光信号伝送用光路の端部を覆うように配設された構造

や、上記光信号伝送用光路が上記樹脂組成物により構成されている場合、上記樹脂組成物上に上記マイクロレンズが形成された構造のことをいう。一方、上記光信号伝送用光路中にマイクロレンズが形成されているとは、上記光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されている場合、上記光信号伝送用光路の内部であって、上記樹脂組成物上に上記マイクロレンズが形成されている構造のことをいう。また、場合によっては、上記樹脂組成物が2層からなり、上層の樹脂組成物と下層の樹脂組成物との間に、上記マイクロレンズが形成されていることもよい。

【0060】上記マイクロレンズとしては特に限定されず、光学レンズに使用されているものを挙げることができる。その材質の具体例としては、光学ガラス、光学レンズ用樹脂等が挙げられる。上記光学レンズ用樹脂としては、例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂等上記光導波路で説明したポリマー材料と同様の材料等を挙げることができる。

【0061】また、本発明のICチップ実装用基板において、上記基板を挟んだ導体回路間がスルーホールを介して接続され、上記層間樹脂絶縁層を挟んだ導体回路間がバイアホールを介して接続されていることが望ましい。ICチップ実装用基板の高密度配線を実現しつつ、その小型化を図ることができるからである。

【0062】次に、本発明のICチップ実装用基板の実施形態について、図面を参照しながら説明する。図1は、本発明のICチップ実装用基板の一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図1では、ICチップが実装された状態のICチップ実装用基板を示す。

【0063】図1に示すように、ICチップ用実装基板220では、基板221の両面に導体回路224と層間樹脂絶縁層222とが積層形成され、基板221を挟んだ導体回路間、および、層間樹脂絶縁層222を挟んだ導体回路間は、それぞれ、スルーホール229およびバイアホール227により電氣的に接続されており、最外層にはソルダーレジスト層234が形成されている。

【0064】また、基板221表面には、最下層の導体回路224とともに光導波路250が形成されており、光導波路250の先端の光路変換ミラーが形成された部分には、ICチップ用実装基板220の表面に配設された光学素子（受光素子238および発光素子239）と光導波路250とを接続する光信号伝送用光路242が、基板221に対して垂直方向に形成されている。この光信号伝送用光路242は、樹脂組成物242aおよび空隙242bとその周囲に形成された導体層245とから構成されている。なお、光信号伝送用光路は空隙により形成されていてもよいし、その周囲に導体層が形成されていなくてもよい。

【0065】ICチップ用実装基板220の一の面には、上述のように、受光部238aおよび発光部239

aのそれぞれが光信号伝送用光路242に対向するように、受光素子238および発光素子239が半田接続部244を介して表面実装されるとともに、ICチップ240が半田接続部243を介して表面実装されている。また、ICチップ実装用基板220の他の面の溶剤レジスト層234には、半田バンプ237が形成されている。

【0066】このような構成からなるICチップ実装用基板220において、光ファイバ等（図示せず）を介して外部から送られてきた光信号は、光導波路250および光信号伝送用光路242を介して受光素子238（受光部238a）で受信した後、受光素子238で電気信号に変換され、さらに、半田接続部243、244、導体回路224、バイアホール227、スルーホール229等を介してICチップ240に送られることとなる。

【0067】また、ICチップ240から送り出された電気信号は、半田接続部243、244、導体回路224、バイアホール227、スルーホール229等を介して発光素子239に送られた後、発光素子239で光信号に変換され、発光素子239（発光部239a）から発信した光信号は、光信号伝送用光路242および光導波路250を介して別のICチップ実装用基板の受光素子に送られ電気信号に変換されるか、または、外部の光学素子（光ファイバ等）に送り出されることとなる。

【0068】本発明のICチップ実装用基板では、ICチップに近い位置に実装された受光素子および発光素子において、光／電気信号変換を行うため、電気信号の伝送距離が短く、信号伝送の信頼性に優れ、より高速通信に対応することができる。

【0069】また、ICチップ実装用基板220では、溶剤レジスト層234に金属めっき層を介して半田バンプ237が形成されているため、ICチップから送り出された電気信号は、上述したように光信号に変換された後、光信号伝送用光路242等を介して外部に送りだされるだけでなく、半田バンプを介しても外部基板に送られることとなる。

【0070】このように半田バンプが形成されている場合には、上記ICチップ実装用基板を外部基板と半田バンプを介して接続することができ、この場合には、半田が有するセルフアライメント作用により上記ICチップ実装用基板を所定の位置に配置することができる。

【0071】なお、上記セルフアラインメント作用とは、リフロー処理時に半田が自己の有する流動性により半田バンプ形成用開口の中央付近により安定な形状で存在しようとする作用をいい、この作用は、半田が溶剤レジスト層にはじかれるとともに、半田が金属に付く場合には、球形になろうとする表面張力が強く働くために起こるものと考えられる。このセルフアライメント作用を利用した場合、上記半田バンプを介して、上記ICチップ実装用基板を外部基板に接続する際に、リフロー

前には両者に位置ズレが発生していたとしても、リフロー時に上記ICチップ実装用基板が移動し、該ICチップ実装用基板を外部基板上の正確な位置に取り付けることができる。従って、上記ICチップ実装用基板に実装された受光素子や発光素子と、外部の光学素子とを光導波路および光信号伝送用光路を介して、光信号の伝送を行う場合に、上記ICチップ実装用基板に実装された受光素子や発光素子の実装位置が正確であれば、上記ICチップ実装用基板と上記外部基板との間で正確な光信号の伝送を行うことができる。

【0072】図2は、本発明のICチップ実装用基板の別の一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図2では、ICチップが実装された状態のICチップ実装用基板を示す。図2に示すICチップ実装用基板320では、樹脂組成物342aおよび空隙342bと導体層345とから構成される光信号伝送用光路342の端部に、マイクロレンズ346a、346bが接着剤層347a、347bを介して配設されている。このように、マイクロレンズを配設することにより、光信号の伝送損失を抑えることができる。なお、ICチップ実装用基板320の実施形態は、マイクロレンズ346a、346bを配設した以外は、ICチップ実装用基板220の実施形態と同一である。また、図2中、321は基板であり、322は層間樹脂絶縁層であり、324は導体回路であり、327はバイアホールであり、338は受光素子であり、339は発光素子であり、340はICチップであり、343、344は半田接続部であり、350は光導波路である。

【0073】また、図16は、本発明のICチップ実装用基板のさらに別の一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図16では、ICチップが実装された状態のICチップ実装用基板を示す。図16に示すICチップ実装用基板420では、樹脂組成物442aおよび空隙442bと導体層445とから構成される光信号伝送用光路442の樹脂組成物442a上に、マイクロレンズ446a、446bが形成されている。このように、マイクロレンズを形成することにより、光信号の伝送損失を抑えることができる。なお、ICチップ実装用基板420の実施形態は、マイクロレンズ446a、446bを光信号伝送用光路442中に形成した以外は、ICチップ実装用基板220の実施形態と同一である。また、図16中、421は基板であり、422は層間樹脂絶縁層であり、424は導体回路であり、427はバイアホールであり、438は受光素子であり、439は発光素子であり、440はICチップであり、443、444は半田接続部であり、450は光導波路である。また、このようなICチップ実装用基板420は、光信号伝送用光路442が樹脂組成物により構成され、マイクロレンズ446a、446bが、光信号伝送用光路442の端部に形成された構造であってもよい。

【0074】このような構成からなる本発明のICチップ実装用基板は、例えば、第一または第二の本発明のICチップ実装用基板の製造方法を用いて製造することができる。

【0075】次に、第一の本発明のICチップ実装用基板の製造方法について説明する。第一の本発明のICチップ実装用基板の製造方法は、基板と、光導波路と、少なくとも下記(a)～(c)の工程を経て製造する積層体とをこの順序で積層することを特徴とする。

(a) 基材層上に導体回路と層間樹脂絶縁層とを順次積層し、導体回路積層体とする導体回路積層体形成工程、

(b) 上記導体回路積層体に、光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程、および、(c) 上記

(b)の工程で形成した開口と連通した開口を有するソルダーレジスト層を前記導体回路積層体の片面に形成するソルダーレジスト層形成工程。

【0076】第一の本発明のICチップ実装用基板の製造方法では、ICチップ実装用基板の内部に光導波路を形成するとともに、導体回路積層体とソルダーレジスト層とに連通した開口を形成する。この連通した開口は、光信号伝送用光路としての役割を果たすことができ、そのため、第一の本発明の製造方法で製造したICチップ実装用基板は、光学素子を実装した際に、該光学素子と光導波路との間で光信号伝送用光路を介して光信号の伝送を好適に行うことができる。また、第一の本発明のICチップ実装用基板の製造方法では、光導波路を形成する工程の後に、熱処理を伴う工程が少ないため、熱処理時の基板や層間樹脂絶縁層の変形に起因した光導波路の位置ずれが発生しにくく、接続信頼性に優れたICチップ実装用基板を好適に製造することができる。

【0077】第一の本発明のICチップ実装用基板の製造方法では、(A) 基板製造工程、(B) 光導波路製造工程、および、(C) 積層体製造工程を行った後、これらの工程で製造された基板、光導波路、および、積層体をこの順序で積層する(D) 積層工程を経ることにより、ICチップ実装用基板を製造することができる。以下、これらを順に説明する。

【0078】(A) 基板製造工程

絶縁性基板を出発材料とし、必要に応じて、該絶縁性基板上に導体回路を形成する。上記絶縁性基板としては、例えば、ガラスエポキシ基板、ポリエステル基板、ポリイミド基板、ビスマレイミドートリアジン(BT)樹脂基板、熱硬化性ポリフェニレンエーテル基板、銅張積層板、RCC基板等が挙げられる。また、窒化アルミニウム基板等のセラミック基板や、シリコン基等を用いてもよい。上記導体回路は、例えば、上記絶縁性基板の表面に無電解めっき処理等によりベタの導体層を形成した後、エッチング処理を施すことにより形成することができる。また、銅張積層板やRCC基板にエッチング処理を施すことにより形成してもよい。

【0079】また、上記絶縁性基板上に導体回路を形成し、上記絶縁性基板を挟んだ導体回路間の接続をスルーホールにより行う場合には、例えば、上記絶縁性基板にドリルやレーザ等を用いてスルーホール用貫通孔を形成した後、無電解めっき処理等を施すことによりスルーホールを形成しておく。なお、上記スルーホール用貫通孔の直径は、通常、100～300μmである。また、スルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填することが望ましい。

【0080】(B) 光導波路製造工程

ここでは、フィルム状に成形した光導波路を形成する。上記光導波路が、ポリマー材料等からなる有機系光導波路の場合、該有機系光導波路は、例えば、選択重合法、反応性イオンエッチングとフォトリソグラフィを用いる方法、直接露光法、射出成形を用いる方法、フォトリソ法、これらを組み合わせた方法等を用いて、離型フィルム等の上でポリマー材料をフィルム状に成形することにより形成することができる。また、上記光導波路が、石英ガラス、化合物半導体等からなる無機系光導波路の場合、該無機系光導波路は、例えば、LiNbO₃、LiTaO₃等の無機材料を液相エピタキシャル法、化学堆積法(CVD)、分子線エピタキシャル法等を用いて、離型フィルム等の上で無機材料を成膜させることにより形成することができる。

【0081】また、上記光導波路には、光路変換ミラーを形成する。上記光路変換ミラーを形成する方法としては特に限定されず、従来公知の形成方法を用いることができる。具体的には、先端がV形90°のダイヤモンドソーや刃物による機械加工、反応性イオンエッチングによる加工、レーザアブレーション等を用いることができる。

【0082】(C) 積層体製造工程

上記積層体は、少なくとも下記(a)～(c)の工程を経ることにより、製造する。

(a) 基材層上に導体回路と層間樹脂絶縁層とを順次積層し、導体回路積層体とする導体回路積層体形成工程、

(b) 上記導体回路積層体に、光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程、および、(c) 上記

(b)の工程で形成した開口と連通した開口を有するソルダーレジスト層を上記導体回路積層体の片面に形成するソルダーレジスト層形成工程。

【0083】まず、上記(a)の工程、即ち、導体回路積層体を形成する導体回路積層体形成工程について工程順に説明する。具体的には、例えば、下記(1)～

(9)の工程を経ることにより行うことができる。

(1) フィルム状に成形した基材層を出発材料とし、該基材層上に導体回路を形成する。上記基材層としては、例えば、熱硬化性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部がアクリル化された樹脂や、これらと熱可塑性樹脂とを含む樹脂複合体等からなる未硬化の樹脂をフィルム状に

成形し、硬化処理を施したものや、熱可塑性樹脂等をフィルム状に成形したもの等が挙げられる。

【0084】上記熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ポリエステル樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリオレフィン系樹脂、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリフェニレン樹脂、フッ素樹脂等が挙げられる。上記エポキシ樹脂の具体例としては、例えば、フェノールノボラック型、クレゾールノボラック型等のノボラック型エポキシ樹脂や、ジシクロペンタジエン変成した脂環式エポキシ樹脂等が挙げられる。

【0085】上記感光性樹脂としては、例えば、アクリル樹脂等が挙げられる。また、上記熱硬化性樹脂の一部をアクリル化した樹脂としては、例えば、上記した熱硬化性樹脂の熱硬化基とメタクリル酸やアクリル酸とをアクリル化反応させたもの等が挙げられる。

【0086】上記熱可塑性樹脂としては、例えば、フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン(PES)、ポリスルホン(PSF)、ポリフェニレンスルホン(PPS)、ポリフェニレンサルファイド(PPE)、ポリフェニレンエーテル(PPE)、ポリエーテルイミド(P

【0087】また、上記樹脂複合体としては、熱硬化性樹脂や感光性樹脂(熱硬化性樹脂の一部をアクリル化した樹脂も含む)と熱可塑性樹脂とを含むものであれば特に限定されず、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との具体的な組み合わせとしては、例えばフェノール樹脂/ポリエーテルスルホン、ポリイミド樹脂/ポリスルホン、エポキシ樹脂/ポリエーテルスルホン、エポキシ樹脂/フェノキシ樹脂等が挙げられる。また、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との具体的な組み合わせとしては、例えば、アクリル樹脂/フェノキシ樹脂、エポキシ基の一部をアクリル化したエポキシ樹脂/ポリエーテルスルホン等が挙げられる。

【0088】また、上記樹脂複合体における熱硬化性樹脂や感光性樹脂と熱可塑性樹脂との配合比率は、熱硬化性樹脂または感光性樹脂/熱可塑性樹脂=95/5~50/50が望ましい。耐熱性を損なうことなく、高い靱性値を確保することができるからである。また、上記基材層は、2層以上の異なる樹脂層から構成されていてもよい。

【0089】また、上記基材層は、粗化面形成用樹脂組成物をフィルム状に成形し、硬化処理を施したものであってもよい。なお、上記粗化面形成用樹脂組成物については、後に、層間樹脂絶縁層の形成方法を説明する際に詳述する。

【0090】また、上記基材層上に形成する導体回路は、例えば、上記基材層の表面に無電解めっき処理等によりベタの導体層を形成した後、エッチング処理を施すこと等により形成することができる。また、エッチング

処理を施すことにより、導体回路を形成する方法に代えて、ベタの導体層上の一部めっきレジストを形成し、その後、めっきレジスト非形成部に電解めっき層を形成し、さらに、めっきレジストと該めっきレジストの下に存在する導体層とを除去する方法を用いて導体回路を形成してもよい。

【0091】また、上記基材層を挟んだ導体回路間の接続をスルーホールにより行う場合には、例えば、上記基材層にレーザ等を用いてスルーホール用貫通孔を形成した後、無電解めっき処理等を施すことによりスルーホールを形成しておく。なお、上記スルーホール用貫通孔の直径は、通常、100~300μmである。また、スルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填することが望ましい。

【0092】(2)次に、必要に応じて、導体回路の表面に粗化形成処理を施す。上記粗化形成処理としては、例えば、黒化(酸化)-還元処理、第二銅錯体と有機酸塩とを含むエッチング液等を用いたエッチング処理、Cu-Ni-P針状合金めっきによる処理等が挙げられる。ここで、粗化面を形成した場合、該粗化面の平均粗度は、通常、0.1~5μmが望ましく、導体回路と層間樹脂絶縁層との密着性、導体回路の電気信号伝送能に対する影響等を考慮すると2~4μmがより望ましい。なお、この粗化形成処理は、スルーホール内に樹脂充填材を充填する前に行い、スルーホールの壁面にも粗化面を形成してもよい。スルーホールと樹脂充填材との密着性が向上するからである。

【0093】(3)次に、導体回路を形成した基材層上に、熱硬化性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部がアクリル化された樹脂や、これらと熱可塑性樹脂とを含む樹脂複合体からなる未硬化の樹脂層を形成するか、または、熱可塑性樹脂からなる樹脂層を形成する。なお、これらの樹脂層の形成には、例えば、基材層を形成する際に用いる樹脂と同様の樹脂等を用いることができる。

【0094】また、ここで形成する未硬化の樹脂層や、熱可塑性樹脂からなる樹脂層は、2種以上の異なる樹脂層から構成されていてもよい。具体的には、例えば、下層が熱硬化性樹脂または感光性樹脂/熱可塑性樹脂=50/50の樹脂複合体から形成され、上層が熱硬化性樹脂または感光性樹脂/熱可塑性樹脂=90/10の樹脂複合体から構成されている等である。このような構成にすることにより、基板との優れた密着性を確保するとともに、後工程でバイアホール用開口等を形成する際の形成容易性を確保することができる。

【0095】上記未硬化の樹脂層は、未硬化の樹脂をロールコーター、カーテンコーター等により塗布したり、未硬化(半硬化)の樹脂フィルムを熱圧着したりすることにより形成することができる。また、上記熱可塑性樹脂からなる樹脂層は、フィルム上に成形した樹脂成形体を熱圧着することにより形成することができる。

【0096】上記樹脂複合体や樹脂成形体の熱圧着は、例えば、真空ラミネータ等を用いて行うことができる。また、圧着条件は特に限定されず、樹脂フィルムの組成等を考慮して適宜選択すればよいが、通常は、圧力0.25～1.0MPa、温度40～70℃、真空度13～1300Pa、時間10～120秒程度の条件で行うことが望ましい。

【0097】また、上記未硬化の樹脂層は、粗化面形成用樹脂組成物を用いて形成してもよい。上記粗化面形成用樹脂組成物とは、例えば、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して難溶性の未硬化の耐熱性樹脂マトリックス中に、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して可溶性の物質が分散されたものである。なお、上記「難溶性」および「可溶性」という語は、同一の粗化液に同一時間浸漬した場合に、相対的に溶解速度の早いものを便宜上「可溶性」といい、相対的に溶解速度の遅いものを便宜上「難溶性」と呼ぶ。

【0098】上記耐熱性樹脂マトリックスとしては、層間樹脂絶縁層に上記粗化液を用いて粗化面を形成する際に、粗化面の形状を保持することができるものが好ましく、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、これらの複合体等が挙げられる。

【0099】上記熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂等が挙げられる。また、上記熱硬化性樹脂を感光化する場合、メタクリル酸やアクリル酸等を用い、熱硬化基を（メタ）アクリル化反応させる。

【0100】上記エポキシ樹脂としては、例えば、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールA型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、フェノールノボラック型エポキシ樹脂、アルキルフェノールノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、ナフタレン型エポキシ樹脂、ジシクロペンタジエン型エポキシ樹脂、フェノール類とフェノール性水酸基を有する芳香族アルデヒドとの縮合物のエポキシ化物、トリグリシジルイソシアヌレート、脂環式エポキシ樹脂等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。それにより、耐熱性等に優れるものとなる。

【0101】上記熱可塑性樹脂としては、例えば、フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン、ポリスルホン、ポリフェニレンスルホン、ポリフェニレンサルファイド、ポリフェニルエーテル、ポリエーテルイミド等が挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

【0102】上記酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して可溶性の物質としては、例えば、無機粒子、樹脂粒子、金属粒子、ゴ

ム粒子、液相樹脂や液相ゴムからなる粒子等が挙げられる。これらのなかでは、無機粒子、樹脂粒子、および、金属粒子が望ましい。

【0103】上記無機粒子としては、例えば、アルミナ、水酸化アルミニウム等のアルミニウム化合物、炭酸カルシウム、水酸化カルシウム等のカルシウム化合物、炭酸カリウム等のカリウム化合物、マグネシア、ドロマイト、塩基性炭酸マグネシウム、タルク等のマグネシウム化合物、シリカ、ゼオライト等のケイ素化合物等からなるものが挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。上記アルミナ粒子は、ふっ酸で溶解除去することができ、炭酸カルシウムは塩酸で溶解除去することができる。また、ナトリウム含有シリカやドロマイトはアルカリ水溶液で溶解除去することができる。

【0104】上記樹脂粒子としては、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂等からなるものが挙げられ、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に浸漬した場合に、上記耐熱性樹脂マトリックスよりも溶解速度の早いものであれば特に限定されず、具体的には、例えば、アミノ樹脂（メラミン樹脂、尿素樹脂、グアナミン樹脂等）、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、フェノキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ポリフェニレン樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂、ビスマレイミド・トリアジン樹脂等からなるものが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。なお、上記樹脂粒子は予め硬化処理されていることが必要である。硬化させておかないと上記樹脂粒子が樹脂マトリックスを溶解させる溶剤に溶解してしまうこととなるからである。

【0105】上記金属粒子としては、例えば、金、銀、銅、スズ、亜鉛、ステンレス、アルミニウム、ニッケル、鉄、鉛等からなるものが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。また、上記金属粒子は、絶縁性を確保するために、表層が樹脂等により被覆されていてもよい。

【0106】上記可溶性の物質を、2種以上混合して用いる場合、混合する2種の可溶性の物質の組み合わせとしては、樹脂粒子と無機粒子との組み合わせが望ましい。両者とも導電性が低いため、層間樹脂絶縁層の絶縁性を確保することができるとともに、難溶性樹脂との間で熱膨張の調整が図りやすく、粗化面形成用樹脂組成物からなる層間樹脂絶縁層にクラックが発生せず、層間樹脂絶縁層と導体回路との間で剥離が発生しないからである。

【0107】上記粗化液として用いる酸としては、例えば、リン酸、塩酸、硫酸、硝酸や、蟻酸、酢酸等の有機酸等が挙げられるが、これらのなかでは有機酸を用いることが望ましい。粗化处理した場合に、バイアホールから露出する金属導体層を腐食させにくいからである。上

記酸化剤としては、例えば、クロム酸、クロム硫酸、アルカリ性過マンガン酸塩（過マンガン酸カリウム等）の水溶液等を用いることが望ましい。また、上記アルカリとしては、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム等の水溶液が望ましい。

【0108】上記可溶性の物質の平均粒径は、 $10\mu\text{m}$ 以下が望ましい。また、平均粒径の相対的に大きな粗粒子と平均粒径が相対的に小さな微粒子とを組み合わせ使用してもよい。即ち、平均粒径が $0.1\sim0.8\mu\text{m}$ の可溶性の物質と平均粒径が $0.8\sim2.0\mu\text{m}$ の可溶性の物質とを組み合わせる等である。

【0109】このように、平均粒子と相対的に大きな粗粒子と平均粒径が相対的に小さな微粒子とを組み合わせることにより、薄膜導体層の溶解残渣をなくし、めっきレジスト下のパラジウム触媒量を少なくし、さらに、浅くて複雑な粗化面を形成することができる。さらに、複雑な粗化面を形成することにより、粗化面の凹凸が小さくても実用的なピール強度を維持することができる。

【0110】（４）次に、その材料として熱硬化性樹脂や樹脂複合体を用いた層間樹脂絶縁層を形成する場合には、未硬化の樹脂絶縁層に硬化処理を施すとともに、バイアホール用開口を形成し、層間樹脂絶縁層とする。また、この工程では、必要に応じて、スルーホール用貫通孔を形成してもよい。上記バイアホール用開口は、レーザ処理により形成することが望ましい。また、層間樹脂絶縁層の材料として感光性樹脂を用いた場合には、露光現像処理により形成してもよい。

【0111】また、その材料として熱可塑性樹脂を用いた層間樹脂絶縁層を形成する場合には、熱可塑性樹脂からなる樹脂層にバイアホール用開口を形成し、層間樹脂絶縁層とする。この場合、バイアホール用開口は、レーザ処理を施すことにより形成することができる。また、この工程でスルーホール用貫通孔を形成する場合、該スルーホール用貫通孔は、レーザ処理等により形成すればよい。

【0112】上記レーザ処理に使用するレーザとしては、例えば、炭酸ガスレーザ、紫外線レーザ、エキシマレーザ等が挙げられる。これらのなかでは、エキシマレーザや短パルスの炭酸ガスレーザが望ましい。

【0113】また、エキシマレーザのなかでも、ホログラム方式のエキシマレーザを用いることが望ましい。ホログラム方式とは、レーザ光をホログラム、集光レンズ、レーザマスク、転写レンズ等を介して目的物に照射する方式であり、この方式を用いることにより、一度の照射で樹脂層に多数のバイアホール用開口を効率的に形成することができる。

【0114】また、炭酸ガスレーザを用いる場合、そのパルス間隔は、 $10^{-4}\sim10^{-8}$ 秒であることが望ましい。また、開口を形成するためのレーザを照射する時間は、 $10\sim500\mu\text{s}$ 秒であることが望ましい。また、

光学系レンズと、マスクとを介してレーザ光を照射することにより、一度に多数のバイアホール用開口を形成することができる。光学系レンズとマスクとを介することにより、同一強度で、かつ、照射強度が同一のレーザ光を複数の部分に照射することができるからである。このようにしてバイアホール用開口を形成した後、必要に応じて、デスミア処理を施してもよい。

【0115】なお、この工程で形成した層間樹脂絶縁層の材質と、上記基材層の材質とは、同一であることが望ましい。両者の間で熱膨張係数等の物性が同一となるからである。

【0116】（５）次に、バイアホール用開口の内壁を含む層間樹脂絶縁層の表面に薄膜導体層を形成する。上記薄膜導体層は、例えば、無電解めっき、スパッタリング等の方法により形成することができる。

【0117】上記薄膜導体層の材質としては、例えば、銅、ニッケル、スズ、亜鉛、コバルト、タリウム、鉛等が挙げられる。これらのなかでは、電気特性、経済性等に優れる点から銅や銅およびニッケルからなるものが望ましい。また、上記薄膜導体層の厚さとしては、無電解めっきにより薄膜導体層を形成する場合には、 $0.3\sim2.0\mu\text{m}$ が望ましく、 $0.6\sim1.2\mu\text{m}$ がより望ましい。また、スパッタリングにより形成する場合には、 $0.1\sim1.0\mu\text{m}$ が望ましい。

【0118】また、上記薄膜導体層を形成する前に、層間樹脂絶縁層の表面に粗化面を形成しておいてもよい。粗化面を形成することにより、層間樹脂絶縁層と薄膜導体層との密着性を向上させることができる。特に、粗化面形成用樹脂組成物を用いて層間樹脂絶縁層を形成した場合には、酸や酸化剤等を用いて粗化面を形成することが望ましい。

【0119】また、上記（４）の工程でスルーホール用貫通孔を形成した場合には、層間樹脂絶縁層上に薄膜導体層を形成する際に、貫通孔の壁面にも薄膜導体層を形成することによりスルーホールとしてもよい。

【0120】（６）次いで、その表面に薄膜導体層が形成された層間樹脂絶縁層の一部にめっきレジストを形成する。上記めっきレジストは、例えば、感光性ドライフィルムを張り付けた後、めっきレジストパターンが描画されたガラス基板等からなるフォトマスクを密着配置し、露光現像処理を施すことにより形成することができる。

【0121】（７）その後、薄膜導体層をめっきリードとして電解めっき液を行い、上記めっきレジスト非形成部に電解めっき層を形成する。上記電解めっき液としては、銅めっきが望ましい。また、上記電解めっき層の厚さ、 $5\sim20\mu\text{m}$ が望ましい。

【0122】その後、上記めっきレジストと該めっきレジスト下の薄膜導体層とを除去することにより導体回路（バイアホールを含む）を形成することができる。上記

めっきレジストの除去は、例えば、アルカリ水溶液等を用いて行えばよく、上記薄膜導体層の除去は、硫酸と過酸化水素との混合液、過硫酸ナトリウム、過硫酸アンモニウム、塩化第二鉄、塩化第二銅等のエッチング液を用いて行えばよい。また、上記導体回路を形成した後、必要に応じて、層間樹脂絶縁層上の触媒を酸や酸化剤を用いて除去してもよい。電気特性の低下を防止することができるからである。また、このめっきレジストを形成した後、電解めっき層を形成する方法（工程（6）および（7））に代えて、薄膜導体層上の全面に電解めっき層を形成した後、エッチング処理を施すことにより導体回路を形成する方法を用いてもよい。

【0123】また、上記（4）および（5）の工程においてスルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填してもよい。また、スルーホール内に樹脂充填材を充填した場合、必要に応じて、無電解めっきを行うことにより樹脂充填材層の表面部を覆う蓋めっき層を形成してもよい。

【0124】（8）次に、蓋めっき層を形成した場合には、必要に応じて、該蓋めっき層の表面に粗化処理を行い、さらに、上記（3）および（4）の工程を繰り返すことにより層間樹脂絶縁層を形成する。なお、この工程では、スルーホールを形成してもよいし、形成しなくてもよい。

（9）さらに、必要に応じて、（5）～（8）の工程を繰り返すことにより、導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成してもよい。

【0125】このような（1）～（9）の工程を経ることにより、基材層の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とが積層形成された導体回路積層体を製造することができる。なお、ここで詳述した導体回路積層体の製造方法は、セミアディティブ法であるが、上記（a）の工程で製造する導体回路積層体の製造方法は、セミアディティブ法に限定されず、フルアディティブ法、サブトラクティブ法、一括積層法、コンフォーマル法等を用いて行うこともできる。これらのなかでは、セミアディティブ法やフルアディティブ法のアディティブ法が望ましい。エッチング精度が高いため、より微細な導体回路を形成するのに適していると同時に、導体回路の設計の自由度が向上するからである。

【0126】上記（a）の工程を経て、導体回路積層体を製造した後、上記（b）の工程、即ち、上記導体回路積層体に光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程を行う。この工程で形成する開口は、ICチップ実装用基板において光信号伝送用光路の役割を果たすこととなる。従って、この工程で形成する開口を、以下、光信号伝送用開口という。

【0127】上記光信号伝送用開口の形成は、例えば、レーザ処理等により行う。上記レーザ処理において使用するレーザとしては、例えば、上記バイアホール用開口

の形成において使用するレーザと同様のもの等が挙げられる。上記光信号伝送用開口の形成位置は特に限定されず、導体回路の設計、ICチップの実装位置等を考慮して適宜選択すればよい。また、上記光信号伝送用開口は、受光素子や発光素子等の光学素子ごとに形成することが望ましい。また、信号波長ごとに形成してもよい。

【0128】また、光信号伝送用開口を形成した後、必要に応じて、光信号伝送用開口の壁面にデスマリア処理を施してもよい。上記デスマリア処理は、例えば、過マンガン酸溶液による処理や、プラズマ処理、コロナ処理等を用いて行うことができる。なお、上記デスマリア処理を行うことにより、光信号伝送用開口内の樹脂残り、バリ等を除去することができ、光信号伝送用光路の壁面での乱反射に起因した伝送損失を低下させることができる。

【0129】また、光信号伝送用開口形成後、下記工程で導体層を形成したり、未硬化の樹脂組成物を充填したりする前に、必要に応じて、光信号伝送用開口の壁面を粗化面とする粗化面形成工程を行うことが望ましい。導体層や樹脂組成物との密着性を向上させることができるからである。上記粗化面の形成は、例えば、硫酸、塩酸、硝酸等の酸；クロム酸、クロム硫酸、過マンガン酸塩等の酸化剤等により、層間樹脂絶縁層等の光信号伝送用開口を形成した際に露出した部分を溶解することにより行うことができる。また、プラズマ処理やコロナ処理等により行うこともできる。上記粗化面の平均粗度（Ra）は、0.5～5μmが望ましく、1～3μmがより望ましい。この範囲であれば、導体層や樹脂組成物との密着性に優れるとともに、光信号の伝送に悪影響を及ぼさないからである。

【0130】上記光信号伝送用開口を形成した後は、必要に応じて、上記光信号伝送用開口の壁面に導体層を形成する導体層形成工程を行うことが望ましい。上記導体層の形成は、例えば、無電解めっき、スパッタリング等の方法により行うことができる。具体的には、例えば、光信号伝送用開口を形成した後、該光信号伝送用開口の壁面に触媒核を付与し、その後、光信号伝送用開口が形成された基板を無電解めっき浴に浸漬する方法等を用いることができる。また、無電解めっきやスパッタリングを組み合わせて2層以上からなる導体層を形成してもよいし、無電解めっきやスパッタリングの後、電解めっきを行って2層以上からなる導体層を形成してもよい。

【0131】このような導体層形成工程においては、上記光信号伝送用開口の壁面に導体層を形成するとともに、上記（a）の工程で形成した最外層の層間樹脂絶縁層上に、最外層の導体回路を形成することが望ましい。具体的には、まず、無電解めっき等により光信号伝送用開口の壁面に導体層を形成する際に、層間樹脂絶縁層の表面全体にも導体層を形成する。

【0132】次に、この層間樹脂絶縁層表面に形成した

導体層上にめっきレジストを形成する。めっきレジストの形成は、例えば、感光性ドライフィルムを張り付けた後、めっきレジストパターンが描画されたガラス基板等からなるフォトマスクを密着載置し、露光現像処理を施すことにより行えばよい。

【0133】さらに、上記層間樹脂絶縁層上に形成した導体層をめっきリードとして電解めっきを行い、上記めっきレジスト非形成部に電解めっき層を形成し、その後、上記めっきレジストと該めっきレジスト下の導体層を除去することにより最外層の層間樹脂絶縁層上に独立した導体回路を形成する。

【0134】また、上記導体層を形成した後、上記導体層の壁面に粗化面を形成してもよい。上記粗化面の形成は、例えば、黒化（酸化）還元処理、第二銅錯体と有機酸塩を含むエッチング液等を用いたエッチング処理、Cu-Ni-P針状合金めっきによる処理等を用いて行うことができる。

【0135】また、上記光信号伝送用開口を形成した後、必要に応じて、該開口に未硬化の樹脂組成物を充填する樹脂組成物充填工程を行うことが望ましい。未硬化の樹脂組成物を充填した後、硬化処理を施すことにより、樹脂組成物および空隙から構成される光信号伝送用光路、または、樹脂組成物から構成される光信号伝送用光路を形成することができる。具体的な未硬化の樹脂組成物の充填方法としては特に限定されず、例えば、印刷やポットイング等の方法を用いることができる。なお、未硬化の樹脂組成物の充填を印刷により行う場合、未硬化の樹脂組成物は一回で印刷してもよいし、2回以上に分けて印刷してもよい。また、導体回路積層体の両面から印刷を行ってもよい。

【0136】また、未硬化の樹脂組成物の充填を行う際には、上記光信号伝送用開口の内積よりも少し多い量の未硬化の樹脂組成物を充填し、充填終了後、光信号伝送用開口から溢れた余分な樹脂組成物を除去してもよい。上記余分な樹脂組成物の除去は、例えば、研磨等により行うことができる。また、余分な樹脂組成物を除去する場合、樹脂組成物の状態は半硬化状態であっても良いし、完全に硬化した状態であってもよく、樹脂組成物の材料等を考慮して適宜選択すればよい。なお、上記樹脂組成物充填工程を行わない場合、空隙から構成される光信号伝送用光路を形成することができる。

【0137】このような開口形成工程と、必要に応じて行う、粗化面形成工程、導体層形成工程、および、樹脂組成物充填工程を経ることにより上記（a）の工程を経て製造した導体回路積層体に光信号伝送用光路の一部を形成することができる。また、上記導体層形成工程を行う際に、層間樹脂絶縁層の表面にも導体層を形成し、上述した処理を行うことにより独立した導体回路を形成することができる。勿論、上記導体層を形成する工程を行わない場合であっても、上述した方法により層間樹脂絶

縁層の表面に導体回路を形成することができる。

【0138】次に、上記（c）の工程、即ち、上記（b）の工程で形成した開口に連通した開口を有するソルダーレジスト層を形成するソルダーレジスト層形成工程を行う。具体的には、例えば、下記（1）および（2）の工程を行うことによりソルダーレジスト層を形成することができる。なお、ソルダーレジスト層は、導体回路積層体の片面に形成すればよい。

【0139】（1）まず、光信号伝送用開口を形成した導体回路積層体の片面にソルダーレジスト組成物の層を形成する。上記ソルダーレジスト組成物の層は、例えば、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂、熱可塑性エラストマー、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂等からなるソルダーレジスト組成物を用いて形成することができる。

【0140】また、上記以外のソルダーレジスト組成物としては、例えば、ノボラック型エポキシ樹脂の（メタ）アクリレート、イミダゾール硬化剤、2官能性（メタ）アクリル酸エステルモノマー、分子量500～5000程度の（メタ）アクリル酸エステルの重合体、ビスフェノール型エポキシ樹脂等からなる熱硬化性樹脂、多価アクリル系モノマー等の感光性モノマー、グリコールエーテル系溶剤などを含むペースト状の流動体が挙げられ、その粘度は25℃で1～10Pa・sに調整されていることが望ましい。また、上記ソルダーレジスト組成物からなるフィルムを圧着してソルダーレジスト組成物の層を形成してもよい。特に、光信号伝送用開口が空隙により構成されている場合は、フィルムを圧着してソルダーレジスト組成物の層を形成することが望ましい。

【0141】（2）次に、上記ソルダーレジスト組成物の層に、上記光信号伝送用開口に連通した開口（以下、光路用開口ともいう）を形成する。具体的には、例えば、露光現像処理やレーザ処理等により形成することができる。また、上記光路用開口を形成する際には、同時に、半田バンプ形成用開口を形成することが望ましい。なお、上記光路用開口を形成と、上記半田バンプ形成用開口の形成とは、別々に行ってもよい。また、ソルダーレジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、光路用開口と半田バンプ形成用開口とを有するソルダーレジスト層を形成してもよい。

【0142】また、上記光路用開口の断面の径は、上記光信号伝送用開口の断面の径よりも小さくてもよい。この場合、上記光路開口の断面の径は上記光信号伝送用開口の断面の径よりも20～100μm小さくすればよい。

【0143】このような（1）および（2）の工程を経ることにより、光信号伝送用開口の形成された導体回路積層体の片面に、該光信号伝送用開口と連通した開口を有するソルダーレジスト層を形成することができる。な

お、第一の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法では、後述する (D) 積層工程の後にソルダーレジスト層を形成してもよい。

【0144】また、上記 (b) の開口形成工程で、光信号伝送用開口に未硬化の樹脂組成物を充填した場合、上記ソルダーレジスト層に形成した光路用開口には、上記光信号伝送用開口と同様の方法で未硬化の樹脂組成物を充填してもよい。このようにソルダーレジスト層の光路用開口に未硬化の樹脂組成物を充填した後、該未硬化の樹脂組成物の硬化処理を施すことにより、樹脂組成物から構成される光信号伝送用光路を形成することができる。

【0145】このような (a) ~ (c) の工程を行った後、例えば、下記の方法を用いて、半田パッド形成を行うことにより、積層体を製造することができる。即ち、上記半田パッド形成用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。これらのなかでは、ニッケル-金、ニッケル-銀、ニッケル-パラジウム、ニッケル-パラジウム-金等の金属により被覆層を形成することが望ましい。上記被覆層は、例えば、めっき、蒸着、電着等により形成することができるが、これらのなかでは、被覆層の均一性に優れるという点からめっきにより形成することが望ましい。

【0146】(D) 積層工程

上記 (A) の工程で製造された基板上に、上記 (B) の工程で製造された光導波路、および、上記 (C) の工程で製造された積層体を積層する。この積層は熱圧着により行うことが望ましく、例えば、真空ラミネータ等を用いて行うことができる。また、圧着条件は特に限定されず、上記光導波路および上記積層体に用いられる樹脂の組成等を考慮して適宜選択すればよいが、通常は、真空または減圧下、圧力 0.2 ~ 1.0 MPa、温度 50 ~ 200 °C、時間 30 ~ 600 秒程度の条件で行うことが望ましい。

【0147】また、先に光導波路を基板上に積層しておき、これに、積層体を積層してもよいし、先に積層体の最外層の層間樹脂絶縁層上に光導波路を形成しておき、これを基板に積層してもよい。

【0148】また、積層工程終了後、必要に応じて、光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズを形成するマイクロレンズ形成工程を行ってもよい。光信号の伝送損失をより抑えることができるからである。上記光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズを形成するには、ソルダーレジスト層上に形成した接着剤層を介して光信号伝送用光路の端部に配設してもよく (図 2 参照)、また、光信号伝送用光路が樹脂組成物により構成されている場合、該樹脂組成物上に直接形成してもよい。

【0149】上記樹脂組成物上にマイクロレンズを直接

形成する方法としては、例えば、未硬化の光学レンズ用樹脂を樹脂組成物上に適量滴下し、この滴下した未硬化の光学レンズ用樹脂に硬化処理を施す方法を挙げることができる。上記方法において、未硬化の光学レンズ用樹脂を樹脂組成物上に適量滴下する際には、ディスペンサー、インクジェット、マイクロビペット、マイクロシリンドリ等の装置を用いることができる。また、このような装置を用いて樹脂組成物上に滴下した未硬化の光学レンズ用樹脂は、その表面張力により球形になるようするため、上記樹脂組成物上で半球状となり、その後、半球状の未硬化の光学レンズ用樹脂に硬化処理を施すことで、樹脂組成物上に半球状のマイクロレンズを形成することができるのである。上記光学レンズ用樹脂としては、例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂等上記本発明の IC チップ実装用基板の光導波路で説明したポリマー材料と同様の材料等を挙げることができる。なお、このようにして形成するマイクロレンズの直径や曲面の形状等は、樹脂組成物と未硬化の光学レンズ用樹脂との濡れ性を考慮しながら、適宜未硬化の光学レンズ用樹脂の粘度等を調整することで制御することができる。

【0150】また、第一の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法では、光信号伝送用光路中にマイクロレンズを形成するマイクロレンズ形成工程を行ってもよい。この場合でも、光信号の伝送損失をより抑えることができるからである。上記光信号伝送用光路中にマイクロレンズを形成するには、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されている場合、上記光信号伝送用光路の内部であって、上記樹脂組成物上に直接形成してもよく (図 16 参照)、また、場合によっては、上記樹脂組成物を 2 層構造とし、上層の樹脂組成物と下層の樹脂組成物との間に上記マイクロレンズを形成してもよい。

【0151】上記光信号伝送用光路中にマイクロレンズを形成する方法としては、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されている場合、上述した光信号伝送用光路の端部に光学レンズ用樹脂からなるマイクロレンズを形成する方法と同様の方法を挙げることができる。また、上記樹脂組成物が 2 層構造である場合、上記ソルダーレジスト層を形成する前の導体回路積層体において、光信号伝送用開口に未硬化の樹脂組成物を充填、硬化させた後、この硬化させた樹脂組成物上に、上述した方法で光学レンズ用樹脂からなるマイクロレンズを形成し、その後、上記導体回路積層体上にソルダーレジスト層を形成し、該ソルダーレジスト層の光路用開口に未硬化の樹脂組成物を充填し、硬化することで上層の樹脂組成物と下層の樹脂組成物との間にマイクロレンズを形成することができる。

【0152】さらに、半田パッドを形成し、ソルダーレジスト層に光学素子 (受光素子および発光素子) を実装することにより、本発明の IC チップ実装用基板を製造

することができる。上記半田バンプの形成は、上記半田バッドに相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田バッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより行う。また、上記光学素子の実装は、例えば、上記半田バンプを介して行うことができる。また、例えば、上記半田バンプを形成する際に、半田ペーストを充填した時点で光学素子を取りつけておき、リフローと同時に光学素子の実装を行ってもよい。また、半田に代えて、導電性接着剤等を用いて光学素子を実装してもよい。このような工程を経ることにより、

本発明の IC チップ実装用基板を好適に製造することができる。

【0153】次に、第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法について説明する。第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法は、(a) 導体回路が形成された基板上に光導波路を形成する光導波路形成工程と、

(b) 上記光導波路が形成された基板上に層間樹脂絶縁層と導体回路とを順次積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、(c) 上記多層配線板に、光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程と、

(d) 上記(c)の工程で形成した開口と連通した開口を有するソルダーレジスト層を上記多層配線板の片面に形成するソルダーレジスト層形成工程とを含むことを特徴とする。

【0154】第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法では、IC チップ実装用基板の内部に光導波路を形成するとともに、導体回路積層体とソルダーレジスト層とに連通した開口を形成する。この連通した開口は、光信号伝送用光路としての役割を果たすことができ、そのため、第二の本発明の製造方法で製造した IC チップ実装用基板は、光学素子を実装した際に、該光学素子と光導波路との間で光信号伝送用光路を介して光信号の伝送を好適に行うことができる。

【0155】まず、上記(a)の工程、即ち、導体回路が形成された基板上に光導波路を形成する光導波路形成工程について工程順に説明する。具体的には、例えば、下記(1)～(3)の工程を経ることにより上記光導波路を形成することができる。

【0156】(1) 絶縁性基板を出発材料とし、まず、該絶縁性基板上に導体回路を形成する。上記絶縁性基板としては、例えば、ガラスエポキシ基板、ポリエステル基板、ポリイミド基板、ビスマレイミド・トリアジン(BT)樹脂基板、熱硬化性ポリフェニレンエーテル基板、銅張積層板、RCC基板等が挙げられる。また、窒化アルミニウム基板等のセラミック基板や、シリコン基板を用いてもよい。

【0157】上記導体回路は、例えば、上記絶縁性基板の表面に無電解めっき処理等によりベタの導体層を形成した後、エッチング処理を施すことにより形成することができる。また、銅張積層板や RCC 基板にエッチング

処理を施すことにより形成してもよい。また、エッチング処理を施すことにより導体回路を形成する方法に代えて、ベタの導体層上にめっきレジストを形成した後、めっきレジスト非形成部に電気めっき層を形成し、その後、めっきレジストと該めっきレジスト下の導体層とを除去することにより導体回路を形成する方法を用いて導体回路を形成してもよい。なお、上記導体回路は、後述する(3)の工程の後に形成してもよい。

【0158】また、上記絶縁性基板を挟んだ導体回路間の接続をスルーホールにより行う場合には、例えば、上記絶縁性基板にドリルやレーザ等を用いてスルーホール用貫通孔を形成した後、無電解めっき処理等を施すことによりスルーホールを形成しておく。なお、上記スルーホール用貫通孔の直径は、通常、100～300 μm である。また、スルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填することが望ましい。

【0159】(2) 次に、必要に応じて、導体回路の表面に粗化形成処理を施す。上記粗化形成処理としては、例えば、黒化(酸化)還元処理、第二銅錯体と有機酸塩とを含むエッチング液等を用いたエッチング処理、Cu-Ni-P 針状合金めっきによる処理等を挙げることができる。ここで、粗化面を形成した場合、該粗化面の平均粗度は、通常、0.1～5 μm が望ましく、導体回路と層間樹脂絶縁層との密着性、導体回路の電気信号伝送能に対する影響等を考慮すると 2～4 μm がより望ましい。なお、この粗化形成処理は、スルーホール内に樹脂充填材を充填する前に、スルーホールの壁面にも粗化面を形成してもよい。スルーホールと樹脂充填材との密着性が向上するからである。

【0160】(3) 次に、基板上の導体回路非形成部に光導波路を形成する。光導波路として、ポリマー材料等からなる有機系光導波路を形成する場合は、予め、離型フィルム等の上でフィルム状に成形しておいた光導波路を基板上に張り付けたり、基板上に直接形成することにより、光導波路を形成することができる。具体的には、選択重合法、反応性イオンエッチングとフォトリソグラフィとを用いる方法、直接露光法、射出成形を用いる方法、フォトリソ法、これらを組み合わせた方法等を用いて形成することができる。なお、これらの方法は、光導波路を離型フィルム等の上に形成する場合にも、基板上に形成する直接形成する場合にも用いることができる。また、光導波路として、石英ガラス、化合物半導体等からなる無機系光導波路を形成する場合は、例えば、LiNbO₃、LiTaO₃等の無機材料を液相エピタキシャル法、化学堆積法(CVD)、分子線エピタキシャル法等により成膜させたり、予め、所定の形状に成形しておいた石英ガラス等の無機系光導波路を接着剤を介して取り付けることにより行うことができる。

【0161】また、上記光導波路には、光路変換ミラーを形成する。上記光路変換ミラーは、光導波路を層間樹

10

20

30

40

50

脂絶縁層上に取り付ける前に形成しておいてもよいし、基板上に取り付けた後に形成してもよいが、該光導波路を基板上に直接形成する場合を除いて、予め光路変換ミラーを形成しておくことが望ましい。作業を容易に行うことができ、また、作業時に IC チップ実装用基板を構成する他の部材、例えば、導体回路や基板等に傷を付けたり、これらを破損させたりするおそれがないからである。上記光路変換ミラーを形成する方法としては、第一の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法における

(B) 光導波路製造工程で用いた方法と同様の方法等を用いることができる。

【0162】また、上述したように、この(3)の工程で光導波路を形成した後、絶縁性基板上に導体回路を形成してもよく、この場合は、ベタの導体層の上にめっきレジストを形成した後、めっきレジスト非形成部に電解めっき層を形成し、さらに、めっきレジストと該めっきレジスト下のベタの導体層とを除去する方法により導体回路を形成することが望ましい。これは、形成した光導波路を破損するおそれが少ないからである。

【0163】次に、上記(b)の工程、即ち、上記(a)の工程で光導波路が形成された基板上に層間樹脂絶縁層と導体回路とを順次積層し、多層配線板とする多層配線板製造工程について工程順に説明する。具体的には、例えば、下記(1)～(7)の工程を経ることにより多層配線板を製造することができる。

【0164】(1) 上記(a)の工程で光導波路が形成された基板上に、熱硬化性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部がアクリル化された樹脂や、これらと熱可塑性樹脂を含む樹脂複合体からなる未硬化の樹脂層を形成するか、または、熱可塑性樹脂からなる樹脂層を形成する。具体的には、第一の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法における(a)導体回路積層体形成工程で層間樹脂絶縁層を形成する際に用いる樹脂と同様の樹脂等を用いることができる。上記未硬化の樹脂層は、未硬化の樹脂をロールコーター、カーテンコーター等により塗布したり、未硬化(半硬化)の樹脂フィルムを熱圧着したりすることにより形成することができる。また、上記熱可塑性樹脂からなる樹脂層は、フィルム上に成形した樹脂成形体を熱圧着することにより形成することができる。

【0165】上記樹脂複合体や樹脂成形体の熱圧着は、例えば、真空ラミネータ等を用いて行うことができる。また、圧着条件は特に限定されず、樹脂フィルムの組成等を考慮して適宜選択すればよいが、通常は、圧力 0.25～1.0 MPa、温度 40～70℃、真空度 13～1300 Pa、時間 10～120 秒程度の条件で行うことが望ましい。

【0166】(2) 次に、その材料として熱硬化性樹脂や樹脂複合体を用いた層間樹脂絶縁層を形成する場合には、未硬化の樹脂絶縁層に硬化処理を施すとともに、バ

イアホール用開口を形成し、層間樹脂絶縁層とする。また、この工程では、必要に応じて、スルーホール用貫通孔を形成してもよい。上記バイアホール用開口は、レーザ処理により形成することが望ましい。また、層間樹脂絶縁層の材料として感光性樹脂を用いた場合には、露光現像処理により形成してもよい。

【0167】また、その材料として熱可塑性樹脂を用いた層間樹脂絶縁層を形成する場合には、熱可塑性樹脂からなる樹脂層にバイアホール用開口を形成し、層間樹脂絶縁層とする。この場合、バイアホール用開口は、レーザ処理を施すことにより形成することができる。また、この工程でスルーホール用貫通孔を形成する場合、該スルーホール用貫通孔は、ドリル加工やレーザ処理等により形成すればよい。

【0168】上記レーザ処理に使用するレーザとしては、例えば、第一の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法における(a)導体回路積層体形成工程において、バイアホール用開口を形成する際に使用するレーザと同様のもの等が挙げられる。

【0169】(3) 次に、バイアホール用開口の内壁を含む層間樹脂絶縁層の表面に、導体回路を形成する。具体的には、例えば、第一の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法における(a)導体回路積層体形成工程の(5)～(7)で用いる方法と同様の方法等を用いることができる。また、この工程においても、上記(a)導体回路積層体形成工程と同様、スルーホールを形成してもよく、スルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填してもよい。また、スルーホール内に樹脂充填材を充填した場合には、無電解めっき等により樹脂充填材層を覆う蓋めっき層を形成してもよい。

【0170】(4) 次に、蓋めっき層を形成した場合には、必要に応じて、該蓋めっき層の表面に粗化処理を行い、さらに、上記(1)および(2)の工程を繰り返すことにより層間樹脂絶縁層を形成する。なお、この工程では、スルーホールを形成してもよいし、形成しなくてもよい。

(5) さらに、必要に応じて、上記(3)および(4)の工程を繰り返すことにより、導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成してもよい。

【0171】このような(1)～(5)の工程を行うことにより、基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とが積層形成された多層配線板を製造することができる。なお、ここで詳述した多層配線板の製造方法は、セミアディティブ法であるが、上記(a)の工程で製造する多層配線板の製造方法は、セミアディティブ法に限定されず、フルアディティブ法、サブトラクティブ法、一括積層法、コンフォーマル法等を用いて行うこともできる。これらのなかでは、微細な導体回路を形成する方法として優れている点からセミアディティブ法やフルアディティブ法のアド

ィテブ法が望ましい。

【0172】第二の本発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法では、上記（a）および上記（b）の工程を経て、多層配線板を製造した後、上記（c）の工程、即ち、上記多層配線板に光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程を行う。この工程で形成する開口は、ＩＣチップ実装用基板において光学素子と光導波路とを接続する光信号伝送用光路の役割を果たすこととなる。従って、この工程で形成する開口を、以下、光信号伝送用開口という。

【0173】上記光信号伝送用開口の形成は、例えば、レーザ処理等により行う。上記レーザ処理において使用するレーザとしては、上記バイアホール用開口の形成において使用するレーザと同様のもの等が挙げられる。この場合、上記レーザとしては、上記光導波路が吸収を持たない波長のレーザを用いることが望ましい。上記光信号伝送用開口形成時に上記光導波路表面を傷つけるおそれが少ないからである。上記光信号伝送用開口の形成位置は特に限定されず、導体回路の設計、ＩＣチップの実装位置等を考慮して適宜選択すればよい。また、上記光信号伝送用開口は、受光素子や発光素子等の光学素子ごとに形成することが望ましい。また、信号波長ごとに形成してもよい。

【0174】また、光信号伝送用開口を形成した後、必要に応じて、光信号伝送用開口の壁面にデスマ処理を施してもよい。上記デスマ処理は、例えば、過マンガン酸溶液による処理や、プラズマ処理、コロナ処理等を用いて行うことができる。なお、上記デスマ処理を行うことにより、光信号伝送用開口内の樹脂残り、バリ等を除去することができ、光信号伝送用光路の壁面での乱反射に起因した伝送損失を低下させることができる。

【0175】また、光信号伝送用開口形成後、下記工程で導体層を形成したり、未硬化の樹脂組成物を充填したりする前に、必要に応じて、光信号伝送用開口の壁面を粗化面とする粗化面形成工程を行うことが望ましい。導体層や樹脂組成物との密着性を向上させることができるからである。上記粗化面の形成は、例えば、硫酸、塩酸、硝酸等の酸；クロム酸、クロム硫酸、過マンガン酸塩等の酸化剤等により、層間樹脂絶縁層等の光信号伝送用開口を形成した際に露出した部分を溶解することにより行うことができる。また、プラズマ処理やコロナ処理等により行うこともできる。上記粗化面の平均粗度（ R_a ）は、 $0.5 \sim 5 \mu m$ が望ましく、 $1 \sim 3 \mu m$ がより望ましい。この範囲であれば、導体層や樹脂組成物との密着性に優れるとともに、光信号の伝送に悪影響を及ぼさないからである。

【0176】上記光信号伝送用開口を形成した後は、必要に応じて、上記光信号伝送用開口の壁面に導体層を形成する導体層形成工程を行うことが望ましい。上記導体層の形成は、例えば、無電解めっき、スパッタリング

等の方法により行うことができる。具体的には、例えば、光信号伝送用開口を形成した後、該光信号伝送用開口の壁面に触媒核を付与し、その後、光信号伝送用開口が形成された基板を無電解めっき浴に浸漬する方法等を用いることができる。また、無電解めっきやスパッタリングを組み合わせることで２層以上からなる導体層を形成してもよいし、無電解めっきやスパッタリングの後、電解めっきを行って２層以上からなる導体層を形成してもよい。

10 【0177】このような導体層形成工程においては、上記光信号伝送用開口の壁面に導体層を形成するとともに、上記（b）の工程を経て形成した層間樹脂絶縁層上に、最外層の導体回路を形成することが望ましい。具体的には、まず、無電解めっき等により光信号伝送用開口の壁面に導体層を形成する際に、層間樹脂絶縁層の表面全体にも導体層を形成する。

【0178】次に、この層間樹脂絶縁層表面に形成した導体層上にめっきレジストを形成する。めっきレジストの形成は、例えば、感光性ドライフィルムを張り付けた後、めっきレジストパターンが描画されたガラス基板等からなるフォトマスクを密着載置し、露光現像処理を施すことにより行えばよい。

20 【0179】さらに、上記層間樹脂絶縁層上に形成した導体層をめっきリードとして電解めっきを行い、上記めっきレジスト非形成部に電解めっき層を形成し、その後、上記めっきレジストと該めっきレジスト下の導体層を除去することにより層間樹脂絶縁層上に独立した導体回路を形成する。

【0180】また、上記導体層を形成した後、上記導体層の壁面に粗化面を形成してもよい。上記粗化面の形成は、例えば、黒化（酸化）還元処理、第二銅錯体と有機酸塩を含むエッチング液等を用いたエッチング処理、 $Cu-Ni-P$ 針状合金めっきによる処理等を用いて行うことができる。

【0181】また、上記光信号伝送用開口を形成した後、必要に応じて、該開口に未硬化の樹脂組成物を充填する樹脂充填工程を行うことが望ましい。未硬化の樹脂組成物を充填した後、硬化処理を施すことにより、樹脂組成物および空隙から構成される光信号伝送用光路、または、樹脂組成物から構成される光信号伝送用光路を形成することができる。具体的な未硬化の樹脂組成物の充填方法としては特に限定されず、例えば、印刷やポッティング等の方法を用いることができる。なお、未硬化の樹脂組成物の充填を印刷により行う場合、未硬化の樹脂組成物は一回で印刷してもよいし、２回以上に分けて印刷してもよい。

【0182】また、未硬化の樹脂組成物の充填を行う際には、上記光信号伝送用開口の内積よりも少し多い量の未硬化の樹脂組成物を充填し、充填終了後、光信号伝送用開口から溢れた余分な樹脂組成物を除去してもよい。

上記余分な樹脂組成物の除去は、例えば、研磨等により行うことができる。また、余分な樹脂組成物を除去する場合、樹脂組成物の状態は半硬化状態であっても良いし、完全に硬化した状態であってもよく、樹脂組成物の材料等を考慮して適宜選択すればよい。なお、上記樹脂組成物充填工程を行わない場合、空隙から構成される光信号伝送用光路を形成することができる。

【0183】このような開口形成工程と、必要に応じて行う、粗化面形成工程、導体層形成工程、および、樹脂組成物充填工程を経ることにより、上記（a）および上記（b）の工程を経て製造した多層配線板に光信号伝送用光路の一部を形成することができる。また、上記導体層形成工程を行う際に、層間樹脂絶縁層の表面にも導体層を形成し、上述した処理を行うことにより独立した導体回路を形成することができる。勿論、上記導体層を形成工程を行わない場合であっても、上述した方法により層間樹脂絶縁層の表面に導体回路を形成することができる。

【0184】次に、上記（d）の工程、即ち、上記（c）の工程で形成した開口に連通した開口を有するソルダーレジスト層を上記多層配線板の片面に形成するソルダーレジスト層形成工程を行う。具体的には、例えば、下記（1）および（2）の工程を行うことによりソルダーレジスト層を形成することができる。

【0185】（1）まず、光信号伝送用開口を形成した多層配線板の最外層にソルダーレジスト組成物の層を形成する。上記ソルダーレジスト組成物の層は、例えば、第一の本発明の製造方法の（c）ソルダーレジスト層形成工程で用いる方法と同様の方法により形成することができる。

【0186】（2）次に、上記ソルダーレジスト組成物の層に、上記光信号伝送用開口に連通した開口（以下、光路用開口ともいう）を形成する。具体的には、例えば、露光現像処理やレーザ処理等により形成することができる。また、上記光路用開口を形成する際には、同時に、半田パンプ形成用開口を形成することが望ましい。なお、上記光路用開口を形成と、上記半田パンプ形成用開口の形成とは、別々に行ってもよい。また、ソルダーレジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、光路用開口と半田パンプ形成用開口とを有するソルダーレジスト層を形成してもよい。

【0187】また、上記光路用開口の断面の径は、上記光信号伝送用開口の断面の径よりも小さくてもよい。この場合、上記光路開口の断面の径は上記光信号伝送用開口の断面の径よりも20～100μm小さくすればよい。

【0188】このような（1）および（2）の工程を経ることにより、光信号伝送用開口の形成された多層配線板上に、該光信号伝送用開口と連通した開口を有するソ

ルダーレジスト層を形成することができる。

【0189】また、上記（c）の開口形成工程で、光信号伝送用開口に未硬化の樹脂組成物を充填した場合、上記ソルダーレジスト層に形成した光路用開口には、上記光信号伝送用開口と同様の方法で未硬化の樹脂組成物を充填してもよい。このようにソルダーレジスト層の光路用開口に未硬化の樹脂組成物を充填した後、該未硬化の樹脂組成物の硬化処理を施すことにより、樹脂組成物から構成される光信号伝送用光路を形成することができる。なお、上記光路用開口に連通した開口を有するソルダーレジスト層は、多層配線板の片面、即ち、多層配線板の光信号伝送用開口形成側に形成することとなるが、多層配線板の他方の面に、開口を有さないソルダーレジスト層を形成してもよい。

【0190】また、上記光信号伝送用開口と上記光路用開口とを形成した後、必要に応じて、光信号伝送用光路の端部や、光信号伝送用光路中にマイクロレンズを形成するマイクロレンズ形成工程を行うことが望ましい。光信号の伝送損失をより抑えることができるからである。上記光信号伝送用光路の端部や光信号伝送用光路中にマイクロレンズを形成するには、第一の本発明のICチップ実装用基板の製造方法で説明した方法と同様の方法を用いることができる。

【0191】第二の本発明のICチップ実装用基板の製造方法では、このような（a）～（d）の工程を行った後、例えば、下記の方法を用いて、半田パッドや半田パンプの形成、光学素子の実装を行うことによりICチップ実装用基板を製造することができる。半田パッドや半田パンプの形成、光学素子の実装は、第一の本発明のICチップ実装用基板の製造方法と同様の方法により行うことができる。

【0192】なお、第一および第二の本発明のICチップ実装用基板の製造方法では、基板と層間樹脂絶縁層との間に光導波路を形成している。しかしながら、本発明のICチップ実装用基板における光導波路の形成位置は、基板と層間樹脂絶縁層との間に限定されるものではなく、層間樹脂絶縁層同士の間であってもよい。このような構成のICチップ実装用基板は、例えば、第二の本発明のICチップ実装用基板の製造方法において、

（a）の工程、即ち、光導波路形成工程で光導波路を形成せず、（b）の工程、即ち、多層配線板製造工程で層間樹脂絶縁層と導体回路とを積層形成した後、光導波路を形成することにより製造することができる。

【0193】

【実施例】以下、本発明をさらに詳細に説明する。

（実施例1）

A. 樹脂フィルムの作製

ビスフェノールA型エポキシ樹脂（エポキシ当量469、油化シェルエポキシ社製エビコート1001）30重量部、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂（エポキ

シ当量 215、大日本インキ化学工業社製 エピクロン N-673) 40 重量部、トリアジン構造含有フェノールノボラック樹脂(フェノール性水酸基当量 120、大日本インキ化学工業社製 フェノライト KA-7052) 30 重量部をエチルジグリコールアセテート 20 重量部、ソルベントナフサ 20 重量部に攪拌しながら加熱溶解させ、そこへ末端エポキシ化ポリブタジエンゴム(ナガセ化成工業社製 デナレックス R-45EPT) 15 重量部と 2-フェニル-4、5-ビス(ヒドロキシメチル)イミダゾール粉砕品 1.5 重量部、微粉砕シリカ 2 重量部、シリコン系消泡剤 0.5 重量部を添加しエポキシ樹脂組成物を調製した。得られたエポキシ樹脂組成物を厚さ 38 μm の PET フィルム上に乾燥後の厚さが 50 μm となるようにロールコーターを用いて塗布した後、80~120℃で 10 分間乾燥させることにより、樹脂フィルムを作製した。

【0194】B. 貫通孔充填用樹脂組成物の調製

ビスフェノール F 型エポキシモノマー(油化シェル社製、分子量: 310、YL983U) 100 重量部、表面にシランカップリング剤がコーティングされた平均粒径が 1.6 μm で、最大粒子の直径が 15 μm 以下の SiO_2 球状粒子(アドテック社製、CRS 1101-CE) 170 重量部およびレベリング剤(サンノブコ社製 ベレノール S4) 1.5 重量部を容器にとり、攪拌混合することにより、その粘度が $23 \pm 1^\circ\text{C}$ で $45 \sim 49 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ の樹脂充填材を調製した。なお、硬化剤として、イミダゾール硬化剤(四国化成社製、2E4MZ-CN) 6.5 重量部を用いた。

【0195】C. 基板

基板としては、厚さ 0.8 mm のガラスエポキシ樹脂または BT (ビスマレイミドトリアジン) 樹脂からなる絶縁性基板を用いた。

【0196】D. 光導波路の製造

次に、以下の方法を用いて光路交換ミラーを有する光導波路を製造した。即ち、PMMA からなるフィルム状の光導波路(マイクロパーツ社製: 幅 1 mm、厚さ 20 μm) の一端に、先端が V 形 90° のダイヤモンドソーを用いて 45° 光路交換ミラーを形成し、光導波路を製造した。

【0197】E. 積層体の製造

(1) 上記 A に記載した樹脂フィルムを 170℃で 30 分間熱硬化させて形成した基材層 31 の両面に 18 μm の銅箔 28 がラミネートされている銅張樹脂フィルムを出発材料とした(図 3(a) 参照)。まず、この銅張樹脂フィルムをレーザー削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチングすることにより、基材層 31 の両面に導体回路 24 と「スルーホール 29」を形成した。

【0198】(2) スルーホール 29 と導体回路 24 とを形成した基材層を水洗いし、乾燥した後、NaOH (10 g/l)、NaClO₂ (40 g/l)、Na₂

PO₄ (6 g/l) を含む水溶液を黒化浴(酸化浴)とする黒化处理、および、NaOH (10 g/l)、NaBH₄ (6 g/l) を含む水溶液を還元浴とする還元処理を行い、スルーホール 29 を含む導体回路 24 の表面に粗化面(図示せず)を形成した(図 3(b) 参照)。

【0199】(3) 上記 B に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後 24 時間以内に、スルーホール 29 内および基材層 31 の片面の導体回路非形成部と導体回路 24 の外縁部とに樹脂充填材 30' の層を形成した。即ち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、100℃、20 分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基材層上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20 分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材 30' の層を形成した(図 3(c) 参照)。

【0200】(4) 上記(3)の処理を終えた基材層の片面を、#600 のベルト研磨紙(三共理化学社製)を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路 24 の表面やスルーホール 29 のランド表面に樹脂充填材 30' が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基材層の他方の面についても同様に行った。次いで、100℃で 1 時間、120℃で 3 時間、150℃で 1 時間、180℃で 7 時間の加熱処理を行って樹脂充填材層 30 を形成した。

【0201】このようにして、スルーホール 29 や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材 30 の表層部および導体回路 24 の表面を平坦化し、樹脂充填材 30 と導体回路 24 の側面とが粗化面(図示せず)を介して強固に密着し、また、スルーホール 29 の内壁面と樹脂充填材 30 とが粗化面(図示せず)を介して強固に密着した基材層を得た(図 3(d) 参照)。この工程により、樹脂充填材層 30 の表面と導体回路 24 の表面とが同一平面となる。

【0202】(5) 上記基材層を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路 24 の表面とスルーホール 29 のランド表面とをエッチングすることにより、導体回路 24 の全表面に粗化面(図示せず)を形成した。エッチング液として、イミダゾール銅(1) 錯体 10 重量部、グリコール酸 7 重量部、塩化カリウム 5 重量部を含むエッチング液(メック社製、メックエッチボンド)を使用した。

【0203】(6) 次に、上記 A で作製した基材層より少し大きめの樹脂フィルムを基材層上に載置し、圧力 0.4 MPa、温度 80℃、圧着時間 10 秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間樹脂絶

縁層22を形成した(図3(e)参照)。即ち、樹脂フィルムを基材層上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

【0204】(7)次に、層間樹脂絶縁層22上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、波長10.4μmのCO₂ガスレーザにて、ビーム径4.0mm、トップハットモード、パルス幅8.0μ秒、マスクの貫通孔の径1.0mm、1ショットの条件で層間樹脂絶縁層22に、直径80μmのバイアホール用開口26を形成した(図4(a)参照)。

【0205】(8)バイアホール用開口26を形成した基材層を、60g/lの過マンガン酸を含む80℃の溶液に10分間浸漬し、層間樹脂絶縁層22の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口26の内壁面を含むその表面に粗化面 *

〔無電解めっき水溶液〕

NiSO ₄	0.003 mol/l
酒石酸	0.200 mol/l
硫酸銅	0.030 mol/l
HCHO	0.050 mol/l
NaOH	0.100 mol/l
α、α'-ピピリジル	100 mg/l
ポリエチレングリコール(PEG)	0.10 g/l

〔無電解めっき条件〕

30℃の液温度で40分

【0208】(11)次に、薄膜導体層(無電解銅めっき膜)32が形成された基材層に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、100mJ/cm²で露光し、0.8%炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、厚さ20μmのめっきレジスト23を設けた(図4(c)参照)。

【0209】(12)ついで、基材層を5.0℃の水で洗浄して脱脂し、25℃の水で水洗後、さらに硫酸で洗浄してから、以下の条件で電解めっきを施し、めっきレジスト23非形成部に、厚さ20μmの電解銅めっき膜33を形成した(図4(d)参照)。

〔電解めっき液〕

硫酸	2.24 mol/l
硫酸銅	0.26 mol/l
添加剤	19.5 ml/l

(アトテックジャパン社製、カバラシドHL)

〔電解めっき条件〕

電流密度	1 A/dm ²
時間	65 分
温度	22±2 ℃

【0210】(13)さらに、めっきレジスト23を5%NaOHで剥離除去した後、そのめっきレジスト23下の薄膜導体層を硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、薄膜導体層(無電解銅めっき

* (図示せず)を形成した。

【0206】(9)次に、上記処理を終えた基材層を、中和溶液(シブレイ社製)に浸漬してから水洗いした。さらに、粗面化処理(粗化深さ3μm)した基材層の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間樹脂絶縁層22の表面(バイアホール用開口26の内壁面を含む)に触媒核を付着させた(図示せず)。即ち、上記基材層を塩化パラジウム(PdCl₂)と塩化第一スズ(SnCl₂)とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

【0207】(10)次に、以下の組成の無電解銅めっき水溶液中に、基材層を浸漬し、層間樹脂絶縁層22の表面(バイアホール用開口26の内壁面を含む)に厚さ0.6~3.0μmの薄膜導体層(無電解銅めっき膜)32を形成した(図4(b)参照)。

膜)32と電解銅めっき膜33とからなる厚さ18μmの導体回路25(バイアホール27を含む)を形成した(図5(a)参照)。

【0211】(14)さらに、上記(5)の工程で用いたエッチング液と同様のエッチング液を用いて、導体回路25の表面に粗化面(図示せず)を形成し、次いで、上記(6)~(8)の工程と同様にしてバイアホール用開口26を有し、その表面に粗化面(図示せず)が形成された層間樹脂絶縁層22を積層形成し、導体回路積層体とした(図5(b)参照)。その後、層間樹脂絶縁層22上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、炭酸ガスレーザを用いて基材層31および層間樹脂絶縁層22を貫通する直径250μmの開口46を形成し、さらに、開口46の壁面にデスミア処理を施した(図5(c)参照)。

【0212】(15)次に、上記(9)の工程で用いた方法と同様の方法で、開口46の壁面および層間樹脂絶縁層22の表面に触媒を付与し、さらに、上記(10)の工程で用いた無電解めっき液と同様の無電解銅めっき水溶液中に、導体回路積層体を浸漬し、層間樹脂絶縁層22の表面(バイアホール用開口26の内壁面を含む)、および、開口46の壁面に薄膜導体層(無電解銅めっき膜)32を形成した(図6(a)参照)。

【0213】(16)次に、上記(11)の工程で用いた方法と同様の方法で、薄膜導体層上の一部にめっきレジスト23を設け、さらに、上記(12)の工程で用い

た方法と同様の方法で、めっきレジスト23非形成部に、厚さ20 μm の電解銅めっき膜33を形成した(図6(b)参照)。

【0214】(17)次に、上記(13)の工程で用いた方法と同様の方法で、薄膜導体層上の一部にめっきレジスト23の剥離と、めっきレジスト23下の薄膜導体層の除去とを行い、導体回路25(バイアホール27を含む)および導体層45を形成した。さらに、上記

(2)の工程で用いた方法と同様の方法で、酸化還元処理を行い、導体回路25の表面および導体層45の表面を粗化面(図示せず)とした(図6(c)参照)。

【0215】(18)次に、スキージを用いて、導体層45が形成された開口46内にエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を充填し、乾燥させた後、バフ研磨によりその表面を平坦化した。さらに、硬化処理を施し、樹脂組成物層42aを形成した(図7(a)参照)。

【0216】(19)次に、ジエチレングリコールジメチルエーテル(DMDG)に60重量%の濃度になるように溶解させた、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂(日本化薬社製)のエポキシ基50%をアクリル化した感光性付与のオリゴマー(分子量:4000)46.67重量部、メチルエチルケトンに溶解させた80重量%のビスフェノールA型エポキシ樹脂(油化シェル社製、商品名:エビコート1001)15.0重量部、イミダゾール硬化剤(四国化成社製、商品名:2E4MZ-CN)1.6重量部、感光性モノマーである2官能アクリルモノマー(日本化薬社製、商品名:R604)4.5重量部、同じく多価アクリルモノマー(共栄化学社製、商品名:DPE6A)1.5重量部、分散系消泡剤(サンノボコ社製、S-65)0.71重量部を容器にとり、攪拌、混合して混合組成物を調製し、この混合組成物に対して光重合開始剤としてベンゾフェノン(関東化学社製)2.0重量部、光増感剤としてのミヒラーケトン(関東化学社製)0.2重量部、を加えることにより、粘度を25℃で2.0Pa \cdot sに調整した solder レジスト組成物を得た。なお、粘度測定は、B型粘度計(東京計器社製、DVL-B型)で60min⁻¹(rpm)の場合はローターNo.4、6min⁻¹(rpm)の場合はローターNo.3によった。

【0217】(20)次に、樹脂組成物層42aを形成した導体回路積層体の片面に、上記 solder レジスト組成物を30 μm の厚さで塗布し、70℃で20分間、70℃で30分間の条件で乾燥処理を行い、solder レジスト組成物の層34'を形成した(図7(b)参照)。

【0218】(21)次いで、半田バンプ形成用開口および光路用開口のパターンが描画された厚さ5mmのフォトマスクをICチップ実装側の solder レジスト組成物の層34'に密着させて1000mJ/cm²の紫外線で露光し、DMTG溶液で現像処理し、直径200 μm の開口を形成した。さらに、80℃で1時間、100

℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行って solder レジスト組成物の層を硬化させ、半田バンプ形成用開口47、および、光路用開口42bを有し、その厚さが20 μm の solder レジスト層34を形成した。なお、上記 solder レジスト組成物としては、市販の solder レジスト組成物を使用することもできる。

【0219】(22)次に、solder レジスト層34を形成した導体回路積層体を、塩化ニッケル(2.3 $\times 10^{-1}$ mol/l)、次亜リン酸ナトリウム(2.8 $\times 10^{-1}$ mol/l)、クエン酸ナトリウム(1.6 $\times 10^{-1}$ mol/l)を含むpH=4.5の無電解ニッケルめっき液に20分間浸漬して、半田バンプ形成用開口47に厚さ5 μm のニッケルめっき層を形成した。さらに、その基板をシアン化金カリウム(7.6 $\times 10^{-1}$ mol/l)、塩化アンモニウム(1.9 $\times 10^{-1}$ mol/l)、クエン酸ナトリウム(1.2 $\times 10^{-1}$ mol/l)、次亜リン酸ナトリウム(1.7 $\times 10^{-1}$ mol/l)を含む無電解金めっき液に80℃の条件で7.5分間浸漬して、ニッケルめっき層上に、厚さ0.03 μm の金めっき層を形成し、半田パッド36とし、積層体を得た(図8(a)参照)。

【0220】F. 積層工程

(1)まず、上記Eの工程で製造した積層体の solder レジスト層非形成面(図中、下面)の所定の位置に、以下の方法を用いて光路変換ミラーを有する光導波路50を貼り付けた(図8(b)参照)。即ち、上記Dの工程で製造した光導波路を導体回路非形成部に光変換ミラー非形成側のその他端の側面と層間樹脂絶縁層の側面とが揃うように貼り付けた。なお、光導波路の貼り付けは、該光導波路の層間樹脂絶縁層との接着面に熱硬化性樹脂からなる接着剤を厚さ10 μm に塗布しておき、圧着後、60℃で1時間硬化させることにより行った。

(2)次に、上記Bに記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、バイアホール27内、solder レジスト層が形成されていない片面の導体回路非形成部、光導波路非形成部、および、導体回路25(バイアホール27含む)の外縁部に樹脂充填材の層を形成した。即ち、まず、スキージを用いてバイアホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路および光導波路非形成部に相当する部分が開口したマスクを積層体上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材の層を形成した。

【0221】(3)上記(2)の処理を終えた積層体の片面を、#600のベルト研磨紙(三共理化学社製)を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路25の表面や光導波路50の表面に樹脂充填材が残らないように研

磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層51を形成した。

【0222】このようにして、パイアホール27、導体回路および光導波路非形成部に形成された樹脂充填材51の表層部、導体回路25および光導波路50の表面を平坦化し、樹脂充填材51と導体回路25の側面とが粗化面（図示せず）を介して強固に密着し、また、パイアホール27の内壁面と樹脂充填材51とが粗化面（図示せず）を介して強固に密着した積層体を得た（図9

（a）参照）。この工程により、樹脂充填材層51の表面と導体回路24および光導波路50の表面とが同一平面となる。

【0223】（4）次に、上記（1）～（3）の工程を経て、光導波路50および樹脂充填材層51が形成された積層体を上記Cの基板21上に載置し、真空ラミネータ装置を用いて、真空または減圧下、圧力0.5MPa、温度100℃、時間120秒の条件で圧着し、その後、150℃で40分間熱硬化させ、基板21上に光導波路50および樹脂充填材層51が形成された積層体を積層させた。

【0224】（5）次に、ソルダーレジスト層34に形成した半田パンパ形成用開口47に半田ペーストを印刷し、さらに、受光素子38および発光素子39の受光部38aおよび発光部39aの位置合わせを行いながら取り付け、200℃でリフローすることにより、受光素子38および発光素子39を実装するとともに、半田パンパ形成用開口47に半田パンパ37を形成し、ICチップ実装用基板と得た（図9（b）参照）。なお、受光素子38としては、InGaAsからなるものを用い、発光素子39としては、InGaAsPからなるものを用いた。なお、本実施例で製造したICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とにより構成されることとなる。

【0225】（実施例2）実施例1の（18）の工程において、エポキシ樹脂を含む樹脂組成物に代えて、ポリオレフィンを含む樹脂組成物を用いた以外は実施例1と同様にしてICチップ実装用基板を得た。なお、本実施例で製造したICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とにより構成されることとなる。

【0226】（実施例3）実施例1の（18）の工程、即ち、樹脂組成物層42aを形成する工程を行わなかった以外は実施例1と同様にしてICチップ実装用基板を得た。なお、本実施例で製造したICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が空隙とその周囲の導体層とにより構成されることとなる。

【0227】（実施例4）実施例1の（15）および

（16）の工程において、開口の壁面には導体層を形成しなかった以外は、実施例1と同様にしてICチップ実装用基板を得た。なお、本実施例で製造したICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されることとなる。

【0228】（実施例5）実施例1の（15）および（16）の工程において、開口の壁面には導体層を形成せず、（18）の工程において、エポキシ樹脂を含む樹脂組成物に代えて、ポリオレフィンを含む樹脂組成物を用いた以外は、実施例1と同様にしてICチップ実装用基板を得た。なお、本実施例で製造したICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されることとなる。

【0229】（実施例6）実施例1の（15）および（16）の工程において、開口の壁面には導体層を形成せず、（18）の工程、即ち、樹脂組成物層42aを形成する工程を行わなかった以外は実施例1と同様にしてICチップ実装用基板を得た。なお、本実施例で製造したICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が空隙により構成されることとなる。

【0230】（実施例7）

（1）厚さ0.8mmのガラスエポキシ樹脂またはBT（ビスマレイミドトリアジン）樹脂からなる絶縁性基板121の両面に18μmの銅箔128がラミネートされている銅張積層板を出発材料とした（図10（a）参照）。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチングすることにより、基板121の両面に導体回路124とスルーホール129とを形成した。

【0231】（2）スルーホール129と導体回路124とを形成した基板を水洗いし、乾燥した後、NaOH（10g/l）、NaClO₂（40g/l）、Na₃PO₄（6g/l）を含む水溶液を黒化浴（酸化浴）とする黒化処理、および、NaOH（10g/l）、NaBH₄（6g/l）を含む水溶液を還元浴とする還元処理を行い、スルーホール129を含む導体回路124の表面に粗化面（図示せず）を形成した。

【0232】（3）次に、基板表面の所定の位置に、以下の方法を用いて光路変換ミラーを有する光導波路150を形成した（図10（b）参照）。即ち、予め、その一端に先端がV形90°のダイヤモンドソーを用いて45°光路変換ミラーを形成しておいたPMMAからなるフィルム状の光導波路（マイクロパーツ社製：幅1mm、厚さ20μm）を、光変換ミラー非形成側のその他端の側面と基板の側面とが揃うように貼り付けた。なお、光導波路150の貼り付けは、該光導波路の基板との接着面に熱硬化性樹脂からなる接着剤を厚さ10μmに塗布しておき、圧着後、60℃で1時間硬化させることにより行った。なお、本実施例では、60℃/1時間の条件で硬化を行ったが、場合によってはステップ硬化

を行ってもよい。貼り付け時に光導波路により応力が発生しにくいからである。

【0233】(4) 実施例1のBに記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、スルーホール129内ならびに基板121の片面の導体回路非形成部、光導波路非形成部、および、導体回路124の外縁部に樹脂充填材130'の層を形成した。即ち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材130'の層を形成した(図10(c)参照)。

【0234】(5) 上記(4)の処理を終えた基板の片面を、#800のベルト研磨紙(三共理化学社製)を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路124の表面やスルーホール129のランド表面に樹脂充填材130'が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層130を形成した。

【0235】このようにして、スルーホール129や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材130の表層部および導体回路124の表面を平坦化し、樹脂充填材130と導体回路124の側面とが粗化面(図示せず)を介して強固に密着し、また、スルーホール129の内壁面と樹脂充填材130とが粗化面(図示せず)を介して強固に密着した絶縁性基板を得た(図10(d)参照)。この工程により、樹脂充填材層130の表面と導体回路124の表面と光導波路150の表面とが同一平面となる。

【0236】(6) 上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路124の表面とスルーホール129のランド表面と内壁とをエッチングすることにより、導体回路124の全表面に粗化面(図示せず)を形成した。エッチング液として、イミダゾール*

〔無電解めっき水溶液〕

NiSO ₄	0.003 mol/l
酒石酸	0.200 mol/l
硫酸銅	0.030 mol/l
HCHO	0.050 mol/l
NaOH	0.100 mol/l
α、α'-ピピリジル	100 mg/l
ポリエチレングリコール(PEG)	0.10 g/l

〔無電解めっき条件〕

*銅(11) 錯体10重量部、グリコール酸7重量部、塩化カリウム5重量部を含むエッチング液(メック社製、メックエッチボンド)を使用した。

【0237】(7) 次に、上記(1)で作製した基板より少し大きめの樹脂フィルムを基板上に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間樹脂絶縁層122を形成した(図10(e)参照)。即ち、樹脂フィルムを基板上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80℃、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。なお、上記樹脂フィルムは実施例1のAと同様にして作製した。

【0238】(8) 次に、層間樹脂絶縁層122上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、波長10.4μmのCO₂ガスレーザにて、ビーム径4.0mm、トップハットモード、パルス幅8.0μ秒、マスクの貫通孔の径1.0mm、1ショットの条件で層間樹脂絶縁層122に、直径80μmのバイアホール用開口126を形成した(図11(a)参照)。

【0239】(9) バイアホール用開口126を形成した基板を、60g/lの過マンガン酸を含む80℃の溶液に10分間浸漬し、層間樹脂絶縁層122の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口126の内壁面を含むその表面に粗化面(図示せず)を形成した。

【0240】(10) 次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液(シブレイ社製)に浸漬してから水洗いした。さらに、粗面化処理(粗化深さ3μm)した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間樹脂絶縁層122の表面(バイアホール用開口126の内壁面を含む)に触媒核を付着させた(図示せず)。即ち、上記基板を塩化パラジウム(PdCl₂)と塩化第一スズ(SnCl₂)とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

【0241】(11) 次に、以下の組成の無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間樹脂絶縁層122の表面(バイアホール用開口126の内壁面を含む)に厚さ0.6~3.0μmの薄膜導体層(無電解銅めっき膜)132を形成した(図11(b)参照)。

30 30℃の液温度で40分

〔0242〕(12)次に、薄膜導体層(無電解銅めっき膜)132が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、 $100\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光し、0.8%炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、厚さ $20\mu\text{m}$ のめっきレジスト123を設けた(図11(c)参照)。

〔0243〕(13)について、基板を 50°C の水で洗浄して脱脂し、 25°C の水で水洗後、さらに硫酸で洗浄してから、以下の条件で電解めっきを施し、めっきレジスト123非形成部に、厚さ $20\mu\text{m}$ の電解銅めっき膜133を形成した(図11(d)参照)。

〔電解めっき液〕

硫酸	2.24 mol/l
硫酸銅	0.26 mol/l
添加剤	19.5 ml/l

(アトテックジャパン社製、カバラシドHL)

〔電解めっき条件〕

電流密度	1 A/dm ²
時間	65 分
温度	$22 \pm 2^\circ\text{C}$

〔0244〕(14)さらに、めっきレジスト123を5%NaOHで剥離除去した後、そのめっきレジスト123下の薄膜導体層を硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、薄膜導体層(無電解銅めっき膜)132と電解銅めっき膜133とからなる厚さ $18\mu\text{m}$ の導体回路125(パイアホール127を含む)を形成した(図12(a)参照)。

〔0245〕(15)さらに、上記(6)の工程で用いたエッチング液と同様のエッチング液を用いて、導体回路125の表面に粗化面(図示せず)を形成し、次いで、上記(6)～(8)の工程と同様にしてパイアホール用開口126を有し、その表面に粗化面(図示せず)が形成された層間樹脂絶縁層122を積層形成した(図12(b)参照)。その後、厚さ 1.2mm の貫通孔が形成されたマスクを介して、炭酸ガスレーザを用いて層間樹脂絶縁層122の光導波路150に対向する位置に、直径 $250\mu\text{m}$ の開口146を形成し、さらに、開口146の壁面にデスミア処理を施した(図12(c)参照)。

〔0246〕(16)次に、上記(10)の工程で用いた方法と同様の方法で、層間樹脂絶縁層122の表面に触媒を付与し、さらに、上記(11)の工程で用いた無電解めっき液と同様の無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間樹脂絶縁層122の表面(パイアホール用開口126の内壁面を含む)に薄膜導体層(無電解銅めっき膜)132を形成した(図13(a)参照)。なお、上記工程で形成した開口の壁面にはマスクを形成しておき、触媒を付与しなかった。

〔0247〕(17)次に、上記(12)の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト123を設け、

さらに、上記(13)の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト123非形成部に、厚さ $20\mu\text{m}$ の電解銅めっき膜133を形成した(図13(b)参照)。

〔0248〕(18)次に、上記(14)の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト123の剥離と、めっきレジスト123下の薄膜導体層の除去とを行い、導体回路125(パイアホール127を含む)を形成した。さらに、上記(2)の工程で用いた方法と同様の方法で、酸化還元処理を行い、導体回路125の表面を粗化面(図示せず)とした(図13(c)参照)。

〔0249〕(19)次に、スキージを用いて、開口146内にエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を充填し、乾燥させた後、バフ研磨によりその表層を平坦化した。さらに、硬化処理を施し、樹脂組成物層142aを形成した(図14(a)参照)。

〔0250〕(20)次に、ジエチレングリコールジメチルエーテル(DMDG)に60重量%の濃度になるように溶解させた、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂(日本化薬社製)のエポキシ基50%をアクリル化した感光性付与のオリゴマー(分子量:4000)46.67重量部、メチルエチルケトンに溶解させた80重量%のビスフェノールA型エポキシ樹脂(油化シェル社製、商品名:エビコート1001)15.0重量部、イミダゾール硬化剤(四国化成社製、商品名:2E4MZ-CN)1.6重量部、感光性モノマーである2官能アクリルモノマー(日本化薬社製、商品名:R604)4.5重量部、同じく多価アクリルモノマー(共栄化学社製、商品名:DPE6A)1.5重量部、分散系消泡剤(サンノブコ社製、S-65)0.71重量部を容器にとり、攪拌、混合して混合組成物を調製し、この混合組成物に対して光重合開始剤としてベンゾフェノン(関東化学社製)2.0重量部、光増感剤としてのミヒラクトン(関東化学社製)0.2重量部、を加えることにより、粘度を 25°C で $2.0\text{Pa}\cdot\text{s}$ に調整したソルダーレジスト組成物を得た。なお、粘度測定は、B型粘度計(東京計器社製、DVL-B型)で $60\text{min}^{-1}(\text{rpm})$ の場合はローターNo. 4、 $6\text{min}^{-1}(\text{rpm})$ の場合はローターNo. 3によった。

〔0251〕(21)次に、樹脂組成物層142aを形成した基板の両面に、上記ソルダーレジスト組成物を $30\mu\text{m}$ の厚さで塗布し、 70°C で20分間、 70°C で30分間の条件で乾燥処理を行い、ソルダーレジスト組成物の層134'を形成した。(図14(b)参照)。

〔0252〕(22)次いで、半田バンプ形成用開口および光路用開口のパターンが描画された厚さ 5mm のフォトマスクをICチップ実装側のソルダーレジスト組成物の層134'に密着させて $1000\text{mJ}/\text{cm}^2$ の紫外線で露光し、DMTG溶液で現像処理し、直径 $200\mu\text{m}$ の開口を形成した。さらに、 80°C で1時間、 10

0℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト組成物の層を硬化させ、半田バンプ形成用開口147、および、光路用開口142bを有し、その厚さが20μmのソルダーレジスト層134を形成した(図15(a)参照)。

【0253】(23)次に、ソルダーレジスト層134を形成した基板を、塩化ニッケル(2.3×10⁻¹mol/l)、次亜リン酸ナトリウム(2.8×10⁻¹mol/l)、クエン酸ナトリウム(1.6×10⁻¹mol/l)を含むpH=4.5の無電解ニッケルめっき液に20分間浸漬して、半田バンプ形成用開口147に厚さ5μmのニッケルめっき層を形成した。さらに、その基板をシアン化金カリウム(7.6×10⁻³mol/l)、塩化アンモニウム(1.9×10⁻¹mol/l)、クエン酸ナトリウム(1.2×10⁻¹mol/l)、次亜リン酸ナトリウム(1.7×10⁻¹mol/l)を含む無電解金めっき液に80℃の条件で7.5分間浸漬して、ニッケルめっき層上に、厚さ0.03μmの金めっき層を形成し、半田パッド136とした。

【0254】(24)次に、ソルダーレジスト層134に形成した半田バンプ形成用開口147に半田ペーストを印刷し、さらに、受光素子138および発光素子139の受光部138aおよび発光部139aの位置合わせを行いながら取り付け、200℃でリフローすることにより、受光素子138および発光素子139を実装するとともに、半田バンプ形成用開口147に半田バンプ137を形成し、ICチップ実装用基板と得た(図15(b)参照)。なお、受光素子138としては、InGaAsからなるものを用い、発光素子139としては、InGaAsPからなるものを用いた。なお、本実施例で製造したICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とにより構成されることとなる。

【0255】(実施例8)実施例7の(3)の工程において、フィルム状の光導波路を貼り付けることにより、光導波路を形成する方法に代えて、以下の方法を用いて光導波路を基板上に直接形成した以外は実施例7と同様にしてICチップ実装用基板を得た。即ち、基板上の所定の位置にPMMA樹脂を含む樹脂組成物を塗布し、乾燥させた後、バフ研磨によりその表層を平坦化し、さらに、硬化処理後、その一端に先端がV形90°のダイヤモンドソーを用いて45°光路変換ミラーを形成し、光導波路を形成した。

【0256】(参考例)

(1)まず、実施例7の(1)～(19)と同様の工程を行い、光導波路および光信号伝送用開口が形成された多層配線板を作製した。次に、樹脂組成物を充填した光信号伝送用開口の端部に受光素子および発光素子を位置合わせを行いながら取り付けた。なお、受光素子として

は、InGaAsからなるものを用い、発光素子としては、InGaAsPからなるものを用いた。また、受光素子および発光素子の接続端子と多層配線板の導体回路との接続は導電性接着剤により行った。

【0257】(2)次に、受光素子および発光素子を取り付けた多層配線板上に、実施例7の(7)～(14)の工程で用いた方法と同様の方法で、層間樹脂絶縁層および導体回路を形成した。ここで、樹脂フィルムとしては、予め、受光素子および発光素子に相当する部分に開口が設けられたものを用いた。さらに、実施例7の(16)～(24)の工程で用いた方法と同様の方法を行うことにより、導体回路およびソルダーレジスト層の形成を行った。ここで、上記(19)の工程は行わず、また、導体回路は光学素子と接続されるように形成した。このような方法を用いて、その内部に光学素子(受光素子および発光素子)が実装されたICチップ実装用基板を製造した。

【0258】実施例1～8および参考例に示した方法で、ICチップ実装用基板をそれぞれ100個ずつ製造し、これらのICチップ実装用基板を光導波路および光信号伝送用光路を通るように刃物で切断し、その断面を観察した。その結果、いずれのICチップ実装用基板においても、光導波路、および、光導波路と光学素子とを接続する光信号伝送用光路が確保されていた。

【0259】また、実施例1、7および参考例に示した方法でICチップ実装用基板をそれぞれ100個ずつ製造し、これらのICチップ実装用基板について、ICチップを実装した後、光信号を出力する側の光導波路の端部に検出器を取りつけ、その後、光信号が入力する側の光導波路を介して光信号を送り、ICチップで演算させた後、検出器で光信号を検出するとともに、受光素子および発光素子と光信号伝送用光路との接続損失を測定した。

【0260】その結果、実施例1に示した方法で製造されたICチップ実装用基板では、100個中5個、実施例7に示した方法で製造されたICチップ実装用基板では、100個中7個のICチップ実装用基板で、所望の光信号を検出することができず、接続損失が大きいものが発見された。また、参考例に示した方法で製造されたICチップ実装用基板では、100個中40個のICチップ実装用基板で、所望の光信号を検出することができず、接続損失が大きいものが発見された。参考例に示した方法で製造されたICチップ実装用基板で接続不良の製品の数が多いのは、参考例に示した方法では、光学素子を実装した後、導体回路や層間樹脂絶縁層等を形成する工程で、熱処理等を施す必要があり、この熱処理時に光学素子の位置ずれが発生し、接続不良が起こったものと推定された。

【0261】なお、実施例1、7で示した方法により製造されたICチップ実装用基板においても、光学素子の

位置ずれによる接続不良が発生している製品があったが、光学素子が表面実装されているため、光学素子のみを取り替えることにより、このような接続不良を解消することができた。

〔0262〕また、実施例 1、7 に示した方法で製造した IC チップ実装用基板において、光信号伝送用光路の端部に接着層を介してマイクロレンズを形成し、また、同じく実施例 1、7 に示した方法で製造した IC チップ実装用基板において、光信号伝送用光路の内部であって、樹脂組成物上にディスペンサーを用いてアクリル樹脂を滴下することによりマイクロレンズを形成した（図 2 および図 16 参照）。そして、これらマイクロレンズを形成した IC チップ実装用基板の光信号の接続損失を上記方法と同様にして測定したが、いずれも実施例 1、7 に示した方法で製造した IC チップ実装用基板に比べて、所望の光信号を検出することができず、接続損失が大きい IC チップ実装用基板の数は少なくなっていた。

〔0263〕

〔発明の効果〕本発明の IC チップ実装用基板は、上述したように、該 IC チップ実装用基板の内部に光導波路が形成されるとともに、光学素子と上記光導波路とを接続する光信号伝送用光路が配設されているため、上記光導波路および上記光信号伝送用光路を介して、上記光学素子の入出力信号を伝送することができる。また、該基板に IC チップを実装した場合、IC チップと光学素子との距離が短く、電気信号伝送の信頼性に優れる。また、IC チップを実装した本発明の IC チップ実装用基板では、光通信に必要な電子部品や光学素子を一体化することができるため、光通信用端末機器の小型化に寄与することができる。

〔0264〕また、本発明の IC チップ実装用基板において、光学素子が表面実装されている場合は、製造時の熱処理に起因する位置ずれが発生することがなく、加えて、一の光学素子に不都合が発生した場合、その光学素子のみを取り替えればよく、経済的に有利である。

〔0265〕第一および第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法では、IC チップ実装用基板の内部に光導波路を形成するとともに、導体回路積層体とソルダーレジスト層とに連通した開口を形成する。この連通した開口は、光信号伝送用光路としての役割を果たすことができ、そのため、第一および第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法で製造した IC チップ実装用基板は、光学素子を実装した際に、該光学素子と光導波路との間で光信号伝送用光路を介して光信号の伝送を好適に行うことができる。

〔図面の簡単な説明〕

〔図 1〕本発明の IC チップ実装用基板の一実施形態を

模式的に示す断面図である。

〔図 2〕本発明の IC チップ実装用基板の別の実施形態を模式的に示す断面図である。

〔図 3〕第一の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

〔図 4〕第一の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

〔図 5〕第一の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

〔図 6〕第一の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

〔図 7〕第一の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

〔図 8〕第一の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

〔図 9〕第一の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

〔図 10〕第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

〔図 11〕第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

〔図 12〕第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

〔図 13〕第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

〔図 14〕第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

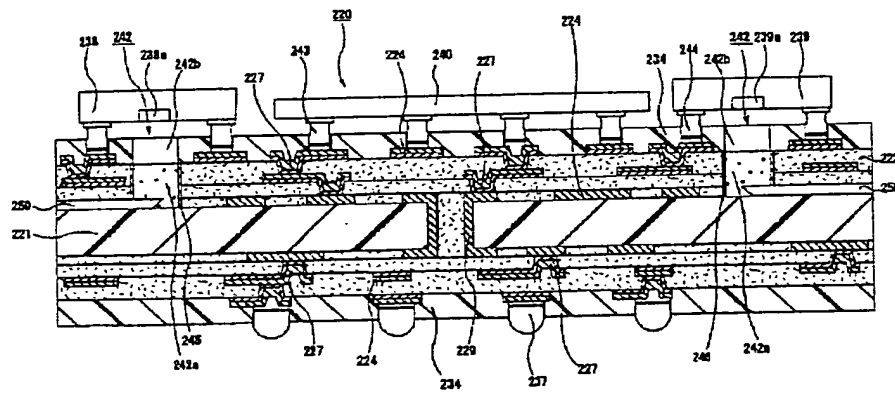
〔図 15〕第二の本発明の IC チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

〔図 16〕本発明の IC チップ実装用基板の別の実施形態を模式的に示す断面図である。

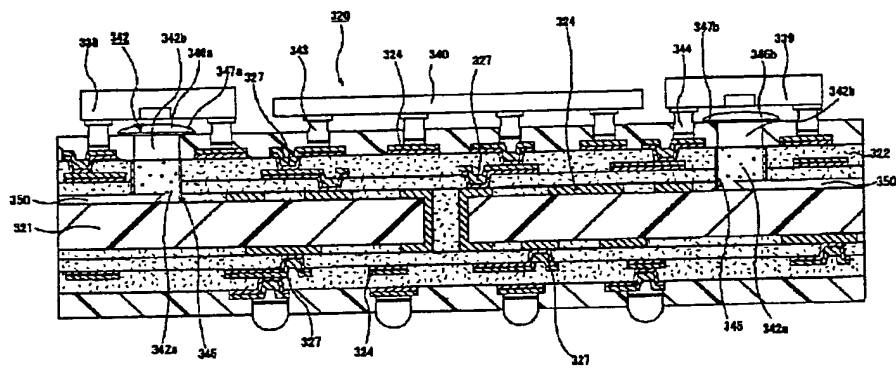
〔符号の説明〕

20、120、220、320	IC チップ実装用基板
21、121、221、321	基板
22、122、222、322	層間樹脂絶縁層
24、124、224、324	導体回路
27、127、227、327	パイアホール
29、129、229、329	スルーホール
31	基材層
34、134、234、334	ソルダーレジスト層
38、138、238、338	受光素子
39、139、239、339	発光素子
240、340	IC チップ
242、342	光信号伝送用光路
45、245、345	導体層
50、150、250、350	光導波路

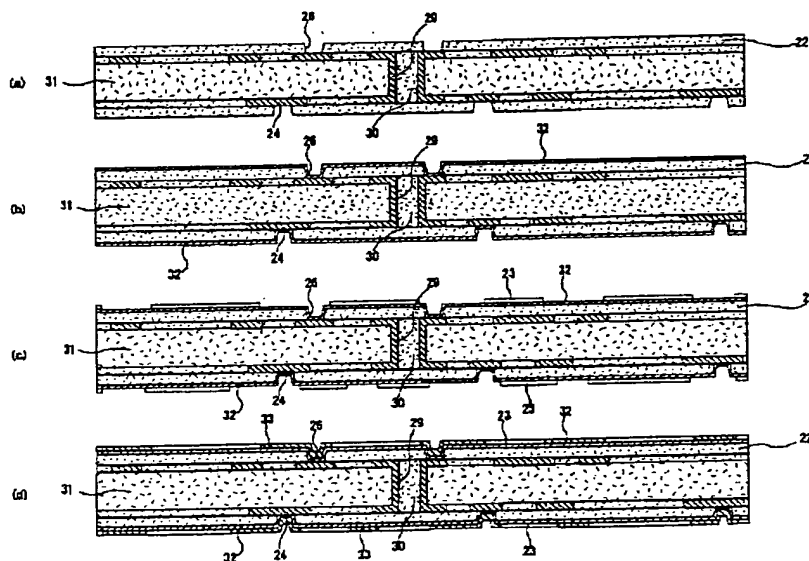
【図1】



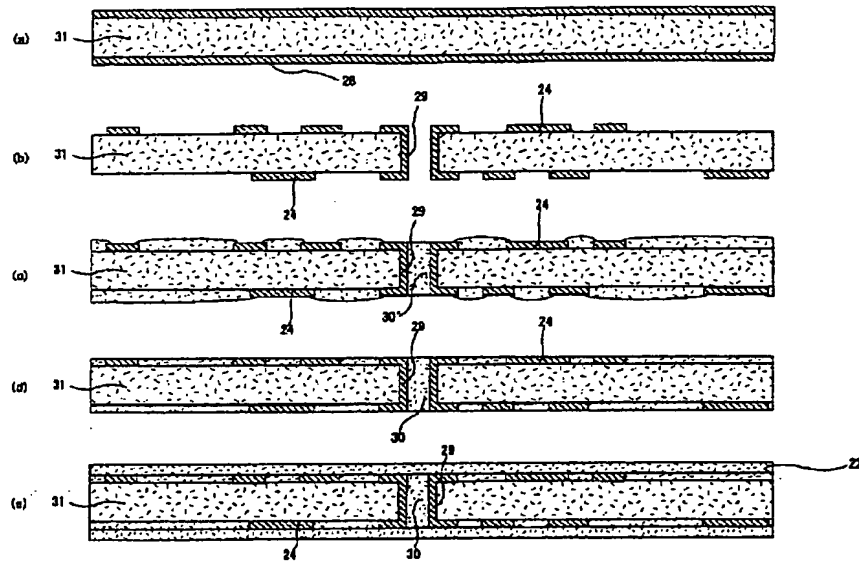
【図2】



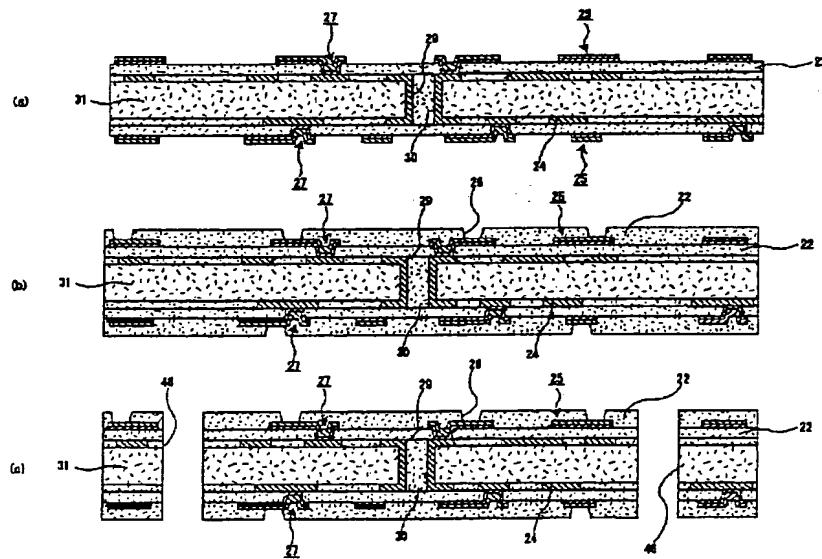
【図4】



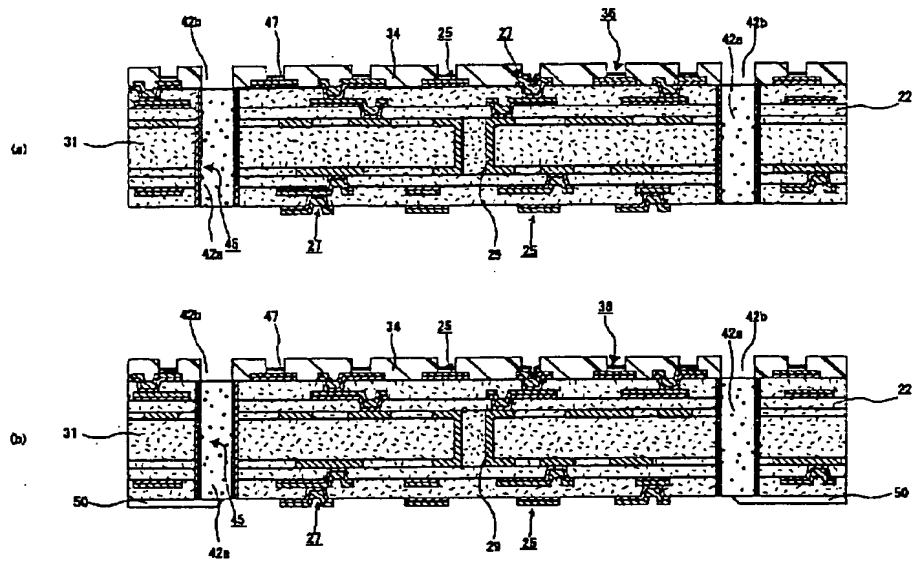
【図3】



【図5】



【図8】



【図9】

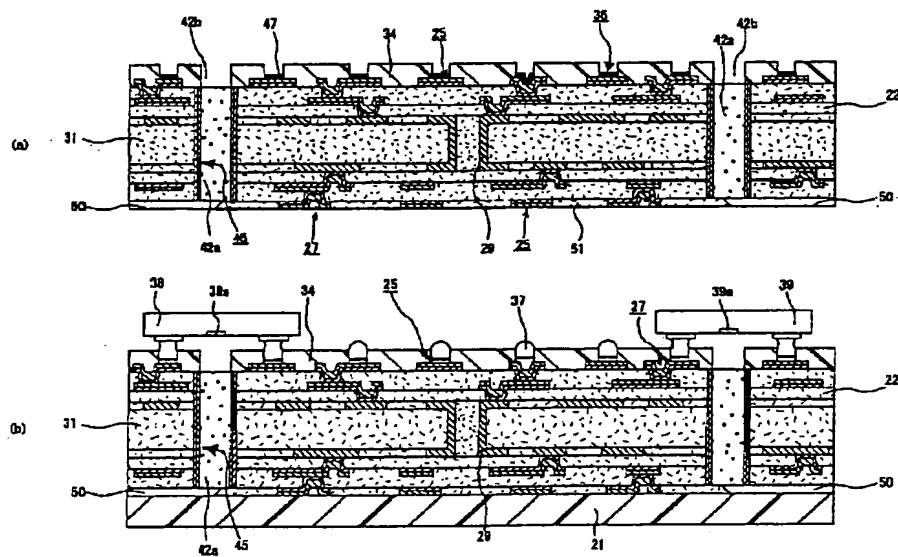
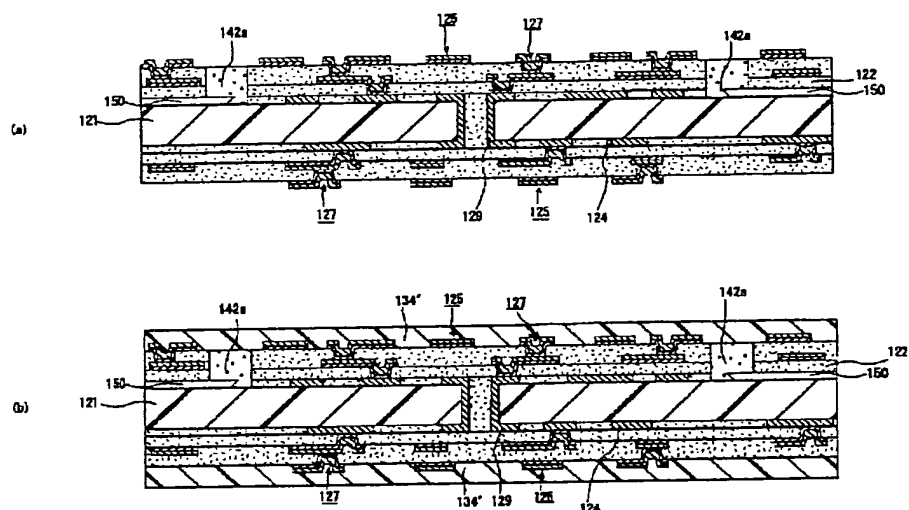


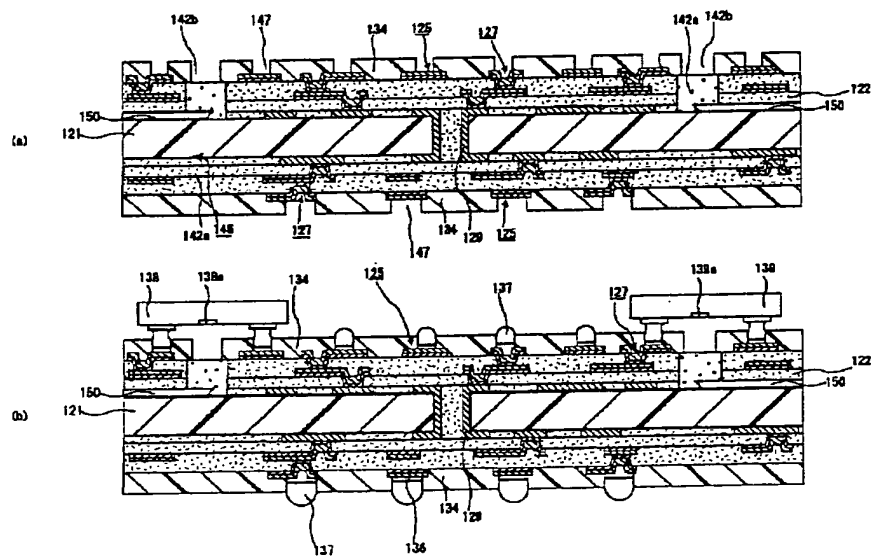
Figure 1 consists of five cross-sectional diagrams labeled (a) through (e), illustrating the assembly of a multi-layered structure.
 (a) A single layer 121 with a central opening 129.
 (b) Two layers 121 and 122 joined at 129, with a top layer 150.
 (c) The addition of a bottom layer 124.
 (d) The addition of a top layer 124.
 (e) The final assembly with layers 121, 122, 124, and 150, with a central opening 129 and a bottom layer 130.

FIG. 1 consists of four cross-sectional views, labeled (a), (b), (c), and (d), showing a multi-layered structure with a central vertical feature. The structure is composed of several layers, including a top layer 150, a middle layer 121, and a bottom layer 122. A central vertical feature, possibly a channel or a core, is defined by layers 128 and 129. The structure is shown in a perspective view, with the central feature extending along the length of the structure. The layers are labeled with reference numerals: 150, 121, 122, 128, 129, 124, 130, 132, 133, and 134. The views (a), (b), (c), and (d) show different cross-sections of the structure, highlighting the internal layers and the central feature.

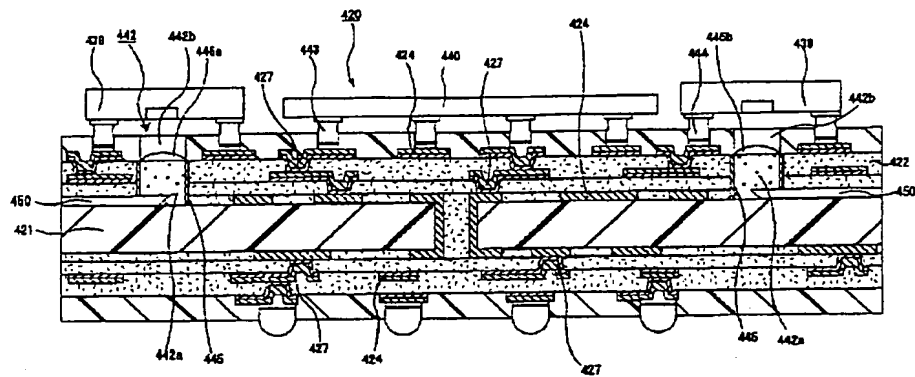
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H047 KA04 KB08 KB09 LA09 MA03
 MA07 PA05 PA06 PA15 PA21
 PA24 PA28 QA01 QA02 QA03
 QA04 QA05 TA05
 5E346 AA12 AA17 AA43 AA60 BB16
 BB20 CC09 CC32 DD12 EE14
 FF07 FF13 GG15 GG27 GG40

BLANK PAGE